ISSN 2311-9322 (Print - печатный), ISSN 2311-9330 (Online - Сетевой)

Biology in Agriculture

Биология в сельском хозяйстве

2, 2026

Научно-практический и теоретический журнал

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



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина»

Фундаментальные и прикладные исследования по селекции, генетике, биотехнологии, физиологии, этологии, микробиологии и многим другим отраслям современной науки

Наука и образование

≡ Российская Федерация ≡

Учредитель и издатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина»

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

Главный редактор:

Шендаков А.И.,
доктор с.-х. наук, профессор,
член Союза писателей России

Редакционная коллегия:
Балакирев Н.А., академик РАН, д. с.-х. н., профессор
Березина Н.А., д.т.н., профессор (председатель редколлегии)
Буяров В.С., д. с.-х. н., профессор
Горькова И.В., д.т.н., доцент
Делян А.С., д. с.-х. н., профессор
Егоров И.А., академик РАН, д. б. н., профессор
Зотиков В.И., член-корреспондент РАН, д. с.-х. н., профессор
Кавтарашвили А.Ш., член-корреспондент РАН, д. с.-х. н., профессор
Князев С.Д., д. с.-х. н., профессор
Коровушкин А.А., д. б. н., доцент
Крюков В.И., д. б. н., профессор
Лещуков К.А., д. с.-х. н., доцент
Лобков В.Т., д. с.-х. н., профессор
Ляшук Р.Н., д. с.-х. н., профессор
Макаркина М.А., д. с.-х. н., гл. научный сотрудник
Мамаев А.В., д. б. н., профессор
Мельник А.Ф., д. с.-х. н., доцент
Петрова С.Н., д. с.-х. н., доцент
Резвякова С.В., д. с.-х. н., доцент
Родимцев С.А., д.т.н., доцент
Сазонова В.В., д. в. н., доцент
Никитин Д.А., д.в.н., доцент
Степанова Л.П., д. с.-х. н., профессор
Тарчоков Т.Т., д. с.-х. н., профессор
Яровая Н.И., д. б. н., профессор

Соловьева А.О.,
к т.н., секретарь

Содержание стр.

Актуальные вопросы зоотехнии и ветеринарии

Макаров Д.О., Сенина Р.Ю., Калашникова Л.А. Полиморфизмы гена HSTN и показатели молочной продуктивности у коров голштинской породы (***Makarov D.O., Senin R.Y., Kalashnikova L.A.*** *HSTN Gene Polymorphisms and Milk Production Traits in Holstein Cows*)..... 2

Шендаков А.И., Шендакова Т.А., Ляшук Р.Н. Влияние инбридинга на соотношение полов и результаты отёлов в стаде чёрно-пёстрых коров с 56,3% генов голштинов (в процессе поглощения) ***(Shendakov A.I., Shendakova T.A., Lyashuk R.N.*** *The effect of inbreeding on sex ratio and calving performance in a herd of Black-and-White cows with 56.3% Holstein genes (in the process of crossing)*..... 9

Яровая Н.И., Веселов С.Л., Маркина В.М. Влияние биологически активной добавки на основе хрена на оксидантно-антиоксидантную систему и минеральный обмен у коров, содержащихся в условиях индустриального стресс-прессинга (***Yarovan N.I., Veselov S.L., Markina V.M.*** *Effect of a biotically active feed supplement based on horseradish on the oxidant-antioxidant system and mineral metabolism in cows kept under industrial stress-pressing conditions*).. 14

Мурленков Н.В., Шендаков А.И. Анализ распространения инбридинга у коров голштинской породы в племенном заводе ЗАО «Славянское» Орловской области (***Murlenkov N.V., Shendakov A.I.*** *Analysis of the prevalence of inbreeding in Holstein cows at the breeding farm of CJSC "Slavyanskoye" Oryol Region*)..... 17

Лушников А.В., Гнеушева И.А., Солохина И.Ю., Горькова И.В., Ярославкина Н.Ю., Воронкова М.В., Ермакова Н.В. Оптимизация условий получения лизинсодержащего концентрата кормового назначения на обогащенной лизином основе (***Lushnikov A.V., Gneusheva I.A., Solokhina I.Yu., Gorkova I.V., Yaroslavkina N.Y., Voronkova M.V., Ermakova N.V.,*** *Optimization of conditions for producing a lysine-containing fodder product based on enriched lysine*)..... 22

Ярош Я.Е. Ветеринарно-санитарное обоснование оптимального возраста для коррекции дисбиоза кишечника у цыплят-бройлеров (по данным копрологического мониторинга) ***(Yarosh Ya.E.*** *Veterinary-sanitary substantiation of the optimal age for correction of intestinal dysbiosis in broiler chickens according to coprological monitoring)*..... 27

Кибкало Л.И., Бледнова Е.М. Исследование промеров вымени и сосков у коров голштинской породы ***(Kibkalo L.I., Blednova E.M.*** *Investigation of udder and nipple measurements in Holstein cows)*..... 29

Абдурасулов А.Х., Керималиев Ж.К., Кубанычбек К. Ч. Качество семени быков-производителей, содержащихся на элевере КыргНИИЖиП (***Abdurasulov A.Kh., Kerimaliev Zh.K., Kubanychbek K.Ch.*** *Quality of semen from breeding bulls kept at the elevator of Kyrgyz research institute of livestock and pastures*)…….. 32

Актуальные вопросы растениеводства

Потороко И.Ю., Руськина А. А. Новые решения для технологии прослеживания биобезопасности зернового сырья и продуктов переработки (***Potoroko I. Yu., Ruskina A.A.*** *New solutions for tracking the biological safety of grain and processed products*)…… 36

Актуальные вопросы производства и переработки с.-х. продукции

Лазарева Т. Н., Мурленков Н. В., Киреева О. С., Крюков В. И. Перспективы применения функциональных продуктов питания в профилактике алиментарно-зависимых нарушений (***Lazareva T. N., Murlenkov N. V., Kireeva O. S., Krukov V.I.*** *Prospects for the Use of Functional Foods in the Prevention of Diet-Related Disorders*)…… 40

Демина Е.Н., Артемова Е.Н., Демина В.А. Современные тренды в упаковке мясных полуфабрикатов на примере продукции ООО «Знаменский СГЦ» (***Demina E. N., Artemova E. N., Demina V. A.*** Modern trends in packaging meat semi-finished products on the example of Znamensky SGC llc products)…….. 49

Адрес издателя и редакции: 302019, Орловская обл., г. Орёл, ул. Генерала Родина, д. 69
Свидетельство о регистрации СМИ выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), ПИ №ФС 77-70557 от 03.08.2017 г. (предыдущее свидетельство ПИ №ФС 77-54372 от 29.05.2013 г.)
Отпечатано в издательстве ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. **Адрес издательства** (типографии): 302028, г. Орёл, бульвар Победы, 19, лицензия ЛР№021325 от 23.02.1999 г. **Язык:** русский, английский
Телефон: гл. редактор – 8-953-816-78-84, **факс:** +7 (4862) 76-41-01, **e-mail:** bio413@ya.ru (для материалов)
Сдано в набор: 11.06.2026 г. **Подписано в печать:** 19.06.2026 г. **Дата выхода:** 26.06.2026 г.
Периодичность выхода, объём: 4 раза в год, до 100 страниц. **Тираж:** 300 экземпляров. Цена свободная.
Формат: 60x84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Фото на обложке: Алтайский край. Летний пейзаж (https://clck.su/uMEWN)
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов. Перепечатка материалов с письменного разрешения главного редактора.
Адрес в сети Интернет: http://www.orelsau.ru/science/zhurnal-biologiya-v-selskom-khozyaystve/
(свободный доступ к архиву номеров журнала)
16+

© ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, 2026

УДК 636.2.034:636.2.082.2

Макаров Д.О., научный сотрудник, TheNoodle4@yandex.ru
Сенина Р.Ю., научный сотрудник,
Калашникова Л.А., профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», п. Лесные Поляны, Россия
Makarov D.O., Researcher, FSBSI "All-Russian Research Institute of Animal Breeding", TheNoodle4@yandex.ru
Senin R.Y., Researcher, FSBSI "All-Russian Research Institute of Animal Breeding"
Kalashnikova L.A., Professor, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, FSBSI "All-Russian Research Institute of Animal Breeding", Lesnye Polyany village, Russia

ПОЛИМОРФИЗМЫ ГЕНА HSTN И ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

(HSTN Gene Polymorphisms and Milk Production Traits in Holstein Cows)

Аннотация. Проведен анализ ассоциации однонуклеотидных полиморфизмов (SNP) гена гистатерина (HSTN) с признаками молочной продуктивности у коров голштинской породы (n=37). Цель работы заключалась в оценке связи трех локусов HSTN344, HSTN517 и HSTN545 с удоем за 305 дней лактации, массовыми долями жира и белка в молоке, а также индексом соматических клеток (SCS), характеризующим состояние вымени. Дополнительно были определены частоты генотипов и аллелей по изученным полиморфизмам. При анализе отдельных SNP статистически значимое различие выявлено только по содержанию белка для локуса HSTN545, где у животных с генотипом AA показатель был выше, чем у носителей генотипа TA. Для локусов HSTN344 и HSTN517 устойчивых однолокусных ассоциаций с изученными признаками не установлено, хотя для HSTN517 в парном сравнении отмечено различие между генотипами TC и TT по SCS. Анализ сочетаний локусов показал, что оценка полиморфизмов HSTN более информативна на уровне комплексных генотипов. Для двулокусных комбинаций HSTN344TT/HSTN545AA, HSTN545AA/HSTN517TC и HSTN545AA/HSTN517TT отмечены более высокие значения белка, тогда как сочетание HSTN545TA/HSTN517TC характеризовалось более высоким удоем по сравнению с HSTN545AA/HSTN517TT. При трёхлокусном анализе наиболее высокие значения белка выявлены для комбинаций HSTN344TT/HSTN545AA/HSTN517TT и HSTN344TT/HSTN545AA/HSTN517TC. Вместе с тем интерпретация части различий ограничена малочисленностью отдельных генотипических классов. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что полиморфизмы гена HSTN у голштинского скота не проявляют устойчивого самостоятельного влияния на весь комплекс исследованных признаков, однако могут рассматриваться как дополнительные молекулярные маркеры, представляющие интерес для дальнейшей проверки на расширенных выборках.

Ключевые слова. голштинская порода, HSTN, SNP, молочная продуктивность, содержание жира, содержание белка, индекс соматических клеток, ассоциативный анализ.

Abstract. An association analysis was performed to investigate the relationship between single nucleotide polymorphisms (SNPs) of the histatherin gene (HSTN) and milk production traits in Holstein cows (n = 37). The aim of the study was to assess the association of three loci, HSTN344, HSTN517, and HSTN545, with 305-day milk yield, milk fat percentage, milk protein percentage, and somatic cell score (SCS) as an indicator of udder health. In addition, genotype and allele frequencies were determined for the polymorphisms under study. In the single-locus analysis, a statistically significant difference was detected only for milk protein percentage at the HSTN545 locus, where animals with the AA genotype showed higher values than carriers of the TA genotype. No stable single-locus associations with the studied traits were identified for HSTN344 or HSTN517, although a pairwise comparison for HSTN517 revealed a difference in SCS between the TC and TT genotypes. Analysis of locus combinations showed that the evaluation of HSTN polymorphisms was more informative at the level of complex genotypes. Among two-locus combinations, HSTN344TT/HSTN545AA, HSTN545AA/HSTN517TC, and HSTN545AA/HSTN517TT were associated with higher milk protein values, whereas the HSTN545TA/HSTN517TC combination was characterized by higher milk yield compared with HSTN545AA/HSTN517TT. In the three-locus analysis, the highest protein values were observed for the HSTN344TT/HSTN545AA/HSTN517TT and HSTN344TT/HSTN545AA/HSTN517TC combinations. At the same time, the interpretation of some differences was limited by the small size of several genotype classes. Overall, the data indicate that HSTN polymorphisms in Holstein cattle do not exert a stable independent effect on the full set of traits examined, although they may be considered additional molecular markers requiring further validation in larger populations.

Key words: Holstein breed, HSTN, SNP, milk productivity, fat content, protein content, somatic cell index, association analysis.

Введение. Голштинская порода занимает ведущее место в современном молочном скотоводстве и широко используется в селекционной практике как одна из основных пород по уровню молочной продуктивности [1, 2]. В связи с этим изучение генетических факторов, связанных с формированием хозяйственно ценных признаков у голштинского скота, представляет значительный интерес как для теоретических исследований, так и для практики племенной работы. Современные подходы к совершенствованию молоч-

ного скота в возрастающей степени опираются на молекулярно-генетические методы, включая генотипирование и геномную оценку, что позволяет уточнять селекционную ценность животных уже на ранних этапах отбора [3-5].

Показатели молочной продуктивности относятся к сложным количественным признакам и формируются под влиянием совокупности наследственных и средовых факторов [6, 7]. В этой связи особое значение приобретают исследования генов-кандидатов, связанных с синтезом и составом молока, а также поиск геномных регионов, ассоциированных с технологическими и продуктивными признаками [8, 9]. Для разных популяций крупного рогатого скота показана информативность полиморфизмов генов молочных белков и других кандидатных локусов при оценке признаков молочной продуктивности, что подтверждает целесообразность дальнейшего изучения новых маркеров в конкретных породах и выборках [8-10].

Одним из генов, представляющих интерес в этом направлении, является ген HSTN, кодирующий гистатерин, для которого описаны антимикробные свойства [10, 11]. По данным современных исследований, HSTN рассматривается как ген, потенциально связанный как с продуктивными характеристиками молока, так и с состоянием молочной железы [10-12]. Это делает обоснованным анализ полиморфизмов HSTN в связи с показателями удоя, содержанием основных компонентов молока и соматическими клетками у коров молочного направления продуктивности [10-12].

При оценке молочной продуктивности важно учитывать, что удой, массовые доли жира и белка, а также показатели, характеризующие соматические клетки в молоке, отражают различные стороны биологии лактации и качества молочного сырья [6, 7, 13]. Показатели, основанные на содержании соматических клеток, широко используются при оценке состояния вымени и риска воспалительных процессов, в том числе субклинического мастита [13, 14]. На этом фоне исследование SNP гена HSTN у коров голштинской породы представляется актуальным и позволяет уточнить возможную связь данного гена с изменчивостью основных показателей молочной продуктивности. Целью настоящей работы явилась оценка ассоциаций полиморфизмов гена HSTN с продуктивными показателями у коров голштинской породы.

Материалы и методы исследвоаний. В исследование включили 37 коров голштинской породы одной популяции. Для каждой коровы имелись зоотехнические данные: удой за 305 дней U_{305}, массовые доли жира GIR% и белка BELOK%, а также показатель соматических клеток, преобразованный в индекс SCS по формуле $SCS = \log_2(SCC/100000) + 3$. Вариабельность признаков описывали как среднее значение ± стандартная ошибка среднего M±SE.

Генотипирование проводили по трём SNP гена HSTN Histatherin: HSTN545 g.-866T>A rs109955918, HSTN344 g.11124T>G rs109805873, HSTN517 g.107T>C rs110175257. Амплификацию выполняли ПЦР со специфичными праймерами, далее проводили рестрикционный анализ ПДРФ с использованием эндонуклеаз MfeI, TaqI и EcoRI с последующей электрофоретической верификацией наборов фрагментов. По характерным профилям фрагментов устанавливали генотипы животных.

Связь генотипов с фенотипическими признаками оценивали однофакторным дисперсионным анализом ANOVA по фактору «генотип» внутри породы. При неодинаковых дисперсиях и неравных численностях групп применяли вариант критерия Вэлча Welch ANOVA. Пост-хок сравнения выполняли тестом Games-Howell. Порог статистической значимости устанавливали на уровне $p<0,05$, значения p в диапазоне 0,05-0,10 интерпретировали как тенденции. Статистическую обработку проводили в R версии 4.5.0 с использованием пакетов rstatix, ggpubr, dplyr и car.

Для сопоставления с выборкой холмогорской породы n=89 использовали ту же панель SNP, идентичные процедуры генотипирования и один и тот же статистический протокол, что обеспечивает корректность межпородного сравнения в части используемых методов.

Результаты и обсуждения. Таблица 1 суммирует однолокусные сравнения по трём SNP HSTN у голштинов с учётом неравных численностей групп, где для HSTN344 представлены GG (n=6), TG (n=16) и TT (n=15), для HSTN545 - AA (n=17), TA (n=17) и TT (n=3), а для HSTN517 - CC (n=8), TC n=(14) и TT n=(15), и общие p-value по большинству признаков остаются выше 0,05, что указывает на отсутствие устойчивых однослокусных эффектов на показатели молочной продуктивности в HSTN344 и в HSTN517, тогда как по белку в HSTN545 фиксируется значимость уровня p=0,04. На этом фоне виден единственный подтверждённый контраст в HSTN545 по белку, где AA (3,36±0,06%) выше TA (3,24±0,09%), что отмечено звёздочками у строк 4 и 5, тогда как TT (3,21±0,21%) при n=3 даёт широкий доверительный интервал и не влияет на общий рисунок. В HSTN517 общий ANOVA по SCS равен 0,10, однако отмечено парное различие между TC (3,58±0,06) и TT (3,67±0,07), причём у строк 8 и 9 стоят взаимные пометки значимости, что указывает на локальный сдвиг при отсутствии общего эффекта фактора «генотип» в рамках этого локуса.

Взаимосвязи признаков внутри таблицы выглядят согласованно с популяционной логикой, поскольку при близких средних по удою в пределах локуса проценты жира и белка сохраняются в узком диапазоне, а обнаруженное повышение белка в $HSTN545^{AA}$ не сопровождается системным ростом жира или SCS, что укладывается в представление о разводняющем эффекте высоких удоев на проценты компонентов и о независимых от состава молока колебаниях SCS, связанных прежде всего со статусом вымени и менеджментом, при этом SCS остаётся валидным индикатором здоровья вымени и риска мастита.

Таблица 1 - Показатели молочной продуктивности по генотипам каждого локуса HSTN

п/п	Ло-кус	Гено-тип	n	Удой (M±SE)	p-value	Жир% (M±SE)	p-value	Белок% (M±SE)	p-value	SCS (M±SE)	p-value
1	344	GG	6	10786±2336	0.78	4,15±0,32	0.96	3,32±0,13	0.22	3,53±0,14	0.11
2		TG	16	10428±897		4,10±0,24		3,24±0,08		3,64±0,06	
3		TT	15	10040±1435		4,13±0,23		3,33±0,08		3,64±0,06	
4	545	AA	17	9764±1048	0.34	4,11±0,22	0.96	3,36±0,06*5	0.04*	3,61±0,06	0.48
5		TA	17	10797±1157		4,14±0,21		3,24±0,09*4		3,64±0,06	
6		TT	3	10873±4452		4,10±1,00		3,21±0,21		3,55±0,36	
7	517	CC	8	10373±2310	0.58	4,21±0,37	0.81	3,25±0,16	0.74	3,60±0,10	0.10
8		TC	14	10749±1115		4,10±0,24		3,30±0,08		3,58±0,06*9	
9		TT	15	9912±1116		4,10±0,22		3,30±0,08		3,67±0,07*8	

*Примечание: * - p<0,05; ** - p<0,01; ***- p<0,001.*

Таблица 2 суммирует девять комбинаций HSTN344/HSTN545 у голштинов с неравными численностями групп, где наиболее представлены TG/TA (n=9), TT/AA (n=8), TG/AA (n=6) и TT/TA (n=6), тогда как для GG/TT, TG/TT и TT/TT по одному наблюдению, что ограничивает интерпретацию крайних средних. По удою статистически значимых парных контрастов в таблице не отмечено и разброс средних лежит от 9363 кг у $HSTN344^{TG}/HSTN545^{TT}$ (9363 кг, n=1) и $HSTN344^{GG}$/HSTN545TT (12853 кг, n=1) при близких значениях у крупных групп, по жиру значимых различий также нет при максимуме 4,27% у $HSTN344^{TT}/HSTN545^{TA}$ и локально высоком значении 4,52% у $HSTN344^{TG}/HSTN545^{TT}$ при n=1. По белку выявлен единственный устойчивый кластер различий, где $HSTN344^{TT}/HSTN545^{AA}$ (3,43±0,02%, n=8) достоверно выше $HSTN344^{TG}/HSTN545^{AA}$ (3,25±0,04%, n=6), $HSTN344^{TG}/HSTN545^{TA}$ (3,22±0,07%, n=9) и $HSTN344^{TT}/HSTN545^{TA}$ (3,23±0,06%, n=6), что отражено звёздочками в соответствующих строках, при этом SCS варьирует узко от 3,50 до 3,71 без подтверждённых сдвигов между крупными группами.

Внутренние соотношения признаков выглядят биологически согласованными, поскольку более высокие значения белка у $HSTN344^{TT}/HSTN545^{AA}$ сопровождаются умеренным удоем относительно $HSTN344^{TG}/HSTN545^{TA}$ и $HSTN344^{TT}/HSTN545^{TA}$, а большинство комбинаций при сопоставимых удоях удерживают жир и белок в узких интервалах, что соответствует эффекту «разбавления» процентов компонентов при росте выхода молока. SCS в основных группах остаётся на сходном уровне без подтверждённых контрастов и отражает прежде всего состояние вымени и управленческие факторы, тогда как сильная отрицательная связь SCS с удоем чаще проявляется в более крупных выборках или при выраженном воспалении вымени. Эти наблюдения согласуются с обзорными и экспериментальными данными по фенотипическим связям «удой - состав» и по роли SCC/SCS в оценке качества молока и риска мастита.

Таблица 2 - Показатели молочной продуктивности для комбинаций HSTN344/HSTN545

п/п	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	SCS
1	GG/AA	3	10107±1784	4,21±0,24	3,37±0,08	3,54±0,11
2	GG/TA	2	10772±86	4,13±0,21	3,33±0,06	3,50±0,06
3	GG/TT	1	12853	4,06	3,17	3,54
4	TG/AA	6	9876±425	4,10±0,22	3,25±0,04**7	3,62±0,05
5	TG/TA	9	10914±667	4,06±0,13	3,22±0,07*7	3,64±0,03
6	TG/TT	1	9363	4,52	3,31	3,71
7	TT/AA	8	9551±858	4,08±0,14	3,43±0,02**4	3,63±0,04
8	TT/TA	6	10630±1273	4,27±0,18	3,23±0,06*7	3,69±0,04
9	TT/TT	1	10403	3,72	3,15	3,42

*Примечание: * - p<0,05; ** - p<0,01; ***- p<0,001.*

Таблица 3 охватывает девять комбинаций HSTN344/HSTN517 у голштинов при неравных n, где наиболее представлены TT/TT (n=7), TG/TC (n=6) и TG/TT (n=6), тогда как для GG/CC (n=1), GG/TT (n=2) и TT/CC (n=3) объёмы минимальны, что требует осторожной интерпретации крайних средних. По удою отмечен единственный подтверждённый парный контраст внутри фонового генотипа $HSTN344^{TG}$, где $HSTN344^{TG}/HSTN517^{TC}$ (11326±543 кг) выше $HSTN344^{TG}/HSTN517^{TT}$ (9600±362 кг), по жиру выделяются группы с высокими процентами у $HSTN344^{TT}/HSTN517^{CC}$ (4,62±0,13%) и $HSTN344^{TT}/HSTN517^{CC}$ (4,45±0,00%), причём обе отличаются от нескольких сочетаний с более низким жиром, по белку значимых парных различий не зафиксировано при локально высоких значениях у $HSTN344^{GG}/HSTN517^{TT}$ (3,44±0,07%) и $HSTN344^{TT}$/ $HSTN517^{CC}$ (3,41±0,07%) на фоне малых n, по SCS зафиксировано снижение у $HSTN344^{GG}$/ $HSTN517^{TC}$ (3,52±0,03%) относительно $HSTN344^{TG}/HSTN517^{TT}$ (3,68±0,05%) и $HSTN344^{TT}/HSTN517^{TT}$ (3,67±0,05%) при отсутствии других устойчивых контрастов внутри крупных групп.

Фенотипические соотношения выглядят согласованными с популяционной логикой, поскольку сочетания с более высоким жиром вроде $HSTN344^{TT}$/

HSTN517^{CC} и HSTN344^{GG}/HSTN517^{TT} одновременно демонстрируют невысокий удой относительно HSTN344^{TG}/HSTN517^{TC} и HSTN344^{GG}/HSTN517^{TC}, что укладывается в известный «разбавляющий» эффект более высокого выхода молока на проценты жира и белка, тогда как пара HSTN344^{GG}/HSTN517^{TC} против HSTN344^{TG}/HSTN517^{TT} иллюстрирует ожидаемое сочетание более высокого удоя с несколько меньшим SCS, согласующееся с отрицательной связью SCC/SCS с продуктивностью и его ролью маркёра риска мастита. Эти мотивы неоднократно показаны в обзорах по компонентам молока и в исследованиях, связывающих повышение SCC с потерями удоя и ухудшением здоровья вымени.

Таблица 3 - Показатели молочной продуктивности для комбинаций HSTN344/HSTN517

п/п	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	SCS
1	GG/CC	1	12075	3,72	3,23	3,38
2	GG/TC	3	11465±696	4,10±0,13^{*7}	3,27±0,06	3,52±0,03^{*9*6}
3	GG/TT	2	9123±2578	4,45±0,00^{*8*9}	3,44±0,07	3,62±0,13
4	TG/CC	4	10322±1315	4,02±0,18^{*7}	3,14±0,09	3,65±0,04
5	TG/TC	6	11326±543^{*6}	4,20±0,24	3,29±0,07	3,58±0,03
6	TG/TT	6	9600±362^{*5}	4,06±0,16^{*7}	3,25±0,04	3,68±0,05^{*2}
7	TT/CC	3	9875±2200	4,62±0,13^{*8*9*6*4*2}	3,41±0,07	3,62±0,03
8	TT/TC	5	9627±1160	3,97±0,13^{*7*3}	3,33±0,05	3,61±0,06
9	TT/TT	7	10405±928	4,04±0,16^{*7*3}	3,29±0,07	3,67±0,05^{*2}

*Примечание: * - p<0,05; ** - p<0,01; ***- p<0,001.*

Таблица 4 суммирует восемь комбинаций HSTN545/HSTN517 у голштинов при неравных численностях, где наиболее представлены AA/TT (n=10), TA/TC (n=7), TA/CC (n=6) и AA/TC (n=5), тогда как AA/CC и TT/TC имеют по n=2, а TT/TT всего n=1, что ограничивает интерпретацию крайних средних. По удою отмечен подтверждённый контраст HSTN545^{TA}/HSTN517^{TC} (11028±541 кг, n=7) выше HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (9331±577 кг, n=10), что симметрично помечено звёздочками в строках 5 и 3, тогда как высокое среднее у HSTN545^{TT}/HSTN517^{TC} (11628±1225 кг, n=2) и у HSTN545^{TA}/HSTN517^{TT} (11502±1046 кг, n=4) следует трактовать осторожно из-за малых объёмов. По жиру значимых различий не выявлено, хотя наблюдаются крайние значения у HSTN545^{TT}/HSTN517^{TT} (4,52%, n=1) и у HSTN545^{TT}/HSTN517^{TC} (3,89%, n=2), по белку фиксируется чёткий кластер: HSTN545^{AA}/HSTN517^{TC} (3,39±0,03%, n=5) и HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (3,34±0,04%, n=10) достоверно выше HSTN545^{TT}/HSTN517^{TC} (3,16±0,01%, n=2), что отмечено *** и ** у соответствующих строк, при этом HSTN545^{TA}/HSTN517^{TT} (3,18±0,07%, n=4) остаётся среди низких по уровню без подтверждённых парных пометок. По SCS статистически значимых контрастов нет, диапазон значений узок от 3,48±0,06% у HSTN545^{TT}/ HSTN517^{TC} до 3,73±0,07% у HSTN545^{TA}/ HSTN517^{TT} что указывает на отсутствие выраженного эффекта пары локусов на этот признак при текущих n. Фенотипические соотношения выглядят биологически согласованными, поскольку более высокий белок у HSTN545^{AA}/HSTN517^{TC} и HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} сочетается с умеренным или пониженным удоем, а низкий белок у HSTN545^{TT}/HSTN517^{TC} сопровождается высоким удоем при малом n, что соответствует широко описанному «разбавляющему» эффекту роста выхода молока на проценты компонентов. Одновременно SCS остаётся стабильным между крупными группами и выступает индикатором состояния вымени и риска мастита, при увеличении которого на больших массивах часто фиксируют снижение удоя, поэтому отсутствие выраженных сдвигов SCS здесь скорее отражает ограниченную мощность и небольшие различия по воспалительному статусу. Эти интерпретации согласуются с обзорными и экспериментальными данными по отрицательной связи SCC/SCS с продуктивностью и по снижению концентраций жира и белка на фоне повышенной молочности.

Таблица 4 - Показатели молочной продуктивности для комбинаций HSTN545/HSTN517

п/п	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	SCS
1	AA/CC	2	11322±754	4,23±0,51	3,35±0,12	3,48±0,10
2	AA/TC	5	10006±1191	4,16±0,24	3,39±0,03^{***7}	3,61±0,04
3	AA/TT	10	9331±577^{*5}	4,06±0,12	3,34±0,04^{**7}	3,64±0,04
4	TA/CC	6	10057±1290	4,20±0,17	3,22±0,08	3,65±0,03
5	TA/TC	7	11028±541^{*3}	4,11±0,16	3,28±0,06	3,59±0,04
6	TA/TT	4	11502±1046	4,11±0,24	3,18±0,07	3,73±0,07
7	TT/TC	2	11628±1225	3,89±0,17	3,16±0,01^{***2**3}	3,48±0,06
8	TT/TT	1	9363	4,52	3,31	3,71
9	AA/CC	2	11322±754	4,23±0,51	3,35±0,12	3,48±0,10

*Примечание: * - p<0,05; ** - p<0,01; ***- p<0,001.*

Таблица 5 суммирует 17 тройных комбинаций HSTN344/HSTN545/HSTN517 у голштинов при выраженно неравных n, где наиболее информативны группы с n=3-4, а часть ячеек представлена единич-

ными наблюдениями, что требует осторожной интерпретации крайних средних. По удою отмечена тенденция внутри фонового генотипа HSTN344^{TG}/ HSTN545^{TA}, где HSTN344^{TG}/HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (9410±478 кг, n=4) уступает HSTN344^{TG}/ HSTN545^{TA}/HSTN517^{TC} (11585±815 кг, n=4) со значением p=0,061, при этом высокие средние у HSTN344^{TT}/HSTN545^{TA}/HSTN517^{TT} (11803±1417 кг, n=3) и HSTN344^{TG}/HSTN545^{TA}/HSTN517^{TC} (11585±815 кг, n=4) подтверждают «интенсивный» профиль продуктивности на фоне малых n. По жиру выделяются контрасты с участием высокожирных комбинаций HSTN344^{GG}/ HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (4,45±0,00%, n=2) и HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/ HSTN517^{CC} (4,55±0,20%, n=2), причём HSTN344^{GG}/ HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (4,45±0,00%, n=2) выше HSTN344^{TT}/HSTN545^{AA}/HSTN517^{TC} (3,90±0,06%, n=3) и выше HSTN344^{TG}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (3,87±0,15%, n=4) при p<0,05-0,10, а HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/HSTN517^{CC} (4,55±0,20%, n=2) выше HSTN344^{TG}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (3,87±0,15%, n=4) при p=0,058, что согласуется со звёздочными пометками в строках 1, 11 и 5. По белку формируется компактный кластер повышенных значений у HSTN344^{TT}/HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (3,43±0,02%, n=4), HSTN344^{TT}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TC} (3,41±0,04%, n=3) и HSTN344^{TG}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TC} (3,35±0,02%, n=2) относительно низких у HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/ HSTN517^{TT} (3,11±0,03%, n=3) и HSTN344^{TG}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (3,21±0,05%, n=4), где подтверждены множественные контрасты уровня p<0,05 и p<0,01, в том числе HSTN344^{TT}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (3,43±0,02%, n=4) выше HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/ HSTN517^{TT} (3,11±0,03%, n=3) p=0,0002, HSTN344^{TT}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TC} (3,41±0,04%, n=3) выше HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/HSTN517^{TT} (3,11±0,03%, n=3) p=0,0022 и HSTN344^{TG}/HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} (3,21±0,05%, n=4) ниже HSTN344^{TT}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TT} (3,43±0,02%, n=4) p=0,0043, а также отмечены тенденции p<0,1 для нескольких пар с участием HSTN344^{GG}/HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} и HSTN344^{TT}/ HSTN545^{TA}/HSTN517^{TC} . При этом по SCS значимых пар и тенденций уровня p<0,1 не выявлено, а диапазон средних остаётся узким от 3,50 до 3,84.

По взаимосвязям фенотипов картина согласуется с популяционной логикой, поскольку более высокие значения белка у сочетаний в HSTN517^{AA} и умеренными удоями сосуществуют с низким белком у «интенсивной» HSTN344^{TT}/HSTN545^{TA}/HSTN517^{TT} , что укладывается в известный эффект разбавления процентов компонентов на фоне возрастания выхода молока, тогда как SCS между основными группами остаётся стабильным и не демонстрирует сопряжённого снижения удоя при текущих объёмах, что ожидаемо для когорт без выраженного воспаления вымени и подтверждается ролью SCS как маркёра мастита и качества молока. Эти соотношения согласуются с обзорными данными о снижении процентов жира и белка при повышенной молочности и с работами, показывающими связь SCC/SCS с потерями удоя и качеством молока.

Таблица 5 - Показатели молочной продуктивности для для комбинаций HSTN344/HSTN545/HSTN517

п/п	Генотип	n	Удой, кг	Жир, %	Белок, %	SCS
1	GG/AA/TT	2	9123±2578	4,45±0,00^{*11*5}	3,44±0,07	3,62±0,13
2	GG/TA/TC	2	10772±86	4,13±0,21	3,33±0,06	3,50±0,06
3	GG/TT/TC	1	12853	4,06	3,17	3,54
4	TG/AA/TC	2	10809±171	4,56±0,53	3,35±0,02^{**15*5}	3,59±0,10
5	TG/AA/TT	4	9410±478	3,87±0,15^{*1}	3,21±0,05^{**12*11*4}	3,63±0,06
6	TG/TA/CC	4	10322±1315	4,02±0,18	3,14±0,09^{*12}	3,65±0,04
7	TG/TA/TC	4	11585±815	4,02±0,25	3,26±0,11	3,58±0,02
8	TG/TA/TT	1	10600	4,38	3,39	3,84
9	TG/TT/TT	1	9363	4,52	3,31	3,71
10	TT/AA/CC	1	10568	4,75	3,47	3,58
11	TT/AA/TC	3	9471±2088	3,90±0,06^{*1}	3,41±0,04^{**15*5}	3,62±0,05
12	TT/AA/TT	4	9357±1074	4,05±0,21	3,43±0,02^{***15***5*6}	3,66±0,06
13	TT/TA/CC	2	9528±3763	4,55±0,20	3,38±0,10	3,63±0,04
14	TT/TA/TC	1	9317	4,44	3,28	3,78
15	TT/TA/TT	3	11803±1417	4,03±0,31	3,11±0,03^{***12**11**4}	3,69±0,08
16	TT/TT/TC	1	10403	3,72	3,15	3,42
17	GG/AA/CC	1	12075	3,72	3,23	3,38

*Примечание: * - p<0,05; ** - p<0,01; ***- p<0,001.*

Сопоставление с холмогорской породой подчёркивает породоспецифичность реализации HSTN при схожем дизайне и разном объёме выборок n=37 у голштинов против n=89 у холмогоров, что напрямую влияет на мощность тестов. У голштинов единственный устойчивый сигнал на уровне p<0,05 связан с белком в локусе HSTN545$^{AA>TA}$при p=0,04 при отсутствии значимых эффектов в HSTN344 и локальном, а не общем, сдвиге по SCS в HSTN517$^{TC<TT}$ при общем p-value=0,10. У холмогоров в однолокусном анализе напротив значимый эффект выявлен для локуса HSTN517$^{TT>TC}$ по белку при отсутствии устойчивых ассоциаций для HSTN344 и HSTN545. На уровне комбинаций у голштинов картина по белку формируется за счёт кластера повышенных значений у триад HSTN344^{TT}/HSTN545^{AA}/HSTN517^{TT} , HSTN344^{TT}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TC} и HSTN344^{TG}/ HSTN545^{AA}/ HSTN517^{TC} при узком диапазоне SCS без подтвер-

ждённых сдвигов, тогда как у холмогоров выделены комбинации, связанные с повышенным удоем HSTN344^{GG}/HSTN517^{CC} и HSTN344^{TT}/HSTN517^{TC}/HSTN545^{TA}, с лучшим белком для HSTN344^{GA}/HSTN545^{TA} и с минимальными уровнями SCS у HSTN545^{AA}/HSTN517^{CC} и у полного комплекса HSTN344^{TT}/HSTN545^{TT}/HSTN517^{TT}. Совокупно это указывает, что в голштинской популяции HSTN545 проявляется как модификатор белка при нейтральности HSTN344 и локальных сдвигах по SCS в HSTN517, тогда как в холмогорской выборке ведущую роль по белку играет HSTN517 при нейтральности HSTN344 и HSTN545 и выраженных комплексных эффектах на удой и SCS. Такие различия согласуются с породными различиями фоновой генетической архитектуры, с возможными отличиями LD вокруг HSTN и с управленческими факторами, поэтому практическая рекомендация едина для обеих пород.

Заключение. В проведённом исследовании на ограниченной, но репрезентативной для хозяйственной практики выборке голштинов не выявлено устойчивых однослокусных эффектов HSTN по всем четырём признакам одновременно, однако несколько контрастов на уровне отдельных локусов и пар генотипов согласуются с биологической логикой взаимосвязей „удой - состав молока - SCS“, при этом единственный стабильный сигнал у голштинов пришёлся на различие по белку между генотипами в локусе HSTN545 при сопоставимых уровнях жира и SCS, что подтверждает скорее модифицирующую, чем ведущую роль данного локуса в формировании компонентного состава. С практической точки зрения использование маркеров HSTN в одиночку едва ли даст заметное преимущество в отборе, тогда как их включение в многофакторные панели совместно с проверенными кандидатными генами и геномными оценками представляется более обоснованным [3-5, 8-10]. Эти выводы согласуются с современными представлениями о генетике молочной продуктивности и указывают на необходимость валидации ассоциаций на материале конкретных популяций в рамках действующих программ геномной селекции [3-5, 9, 10].

Сопоставление с холмогорской выборкой подчёркивает породоспецифичность реализации HSTN. Для холмогорской породы ключевым оказался локус HSTN517 по белку генотип TT выше TC при отсутствии устойчивых эффектов в HSTN344 и HSTN545, а на уровне комплексных профилей отмечались сочетания, связанные с более высоким удоем и меньшим SCS. В сумме это подтверждает модифицирующую, а не ведущую роль HSTN и необходимость учитывать различия фоновой генетической архитектуры и менеджмента. Оптимальная практическая стратегия одинакова для обеих пород - использовать HSTN как часть многомаркерных панелей и гаплотипных профилей с последующей валидацией эффектов на расширенных многостадных когортах.

Литература

1. ***Лоретц О. Г., Ражина Е. В., Смирнова Е. С.*** Продуктивные особенности коров голштинской породы разных генетических линий // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 6. С. 779–791. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-06-779-791.
2. ***Горелик А. С., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю.*** Молочная продуктивность коров-дочерей голштинских быков-производителей // Аграрная наука. 2025. № 7. С. 85–91. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-396-07-85-91.
3. ***Цыганок В. О., Цыганок Е. О., Бахарев А. А.*** Использование геномной оценки в совершенствовании продуктивных качеств коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 2. С. 218–231. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-218-231.
4. ***Лукинов Н. Ю., Пилипенко А. В., Востроилов А. В., Беспалова Н. С.*** Генотипирование как основа ускорения селекционного процесса в молочном скотоводстве // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 3(78). С. 74–78.
5. ***Исупова Ю. В., Ачкасова Е. В., Васильева М. И.*** Эффективность геномной оценки племенной ценности быков-производителей // Аграрный научный журнал. 2025. № 6. С. 51–56. DOI: 10.28983/asj.y2025i6pp51-56.
6. ***Иванова И. П.*** Генетические особенности коров голштинской породы в Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2024. № 3(55). С. 74–79.
7. ***Федосеева Н. А., Келин Ю. В., Горелик О. В., Неверова О. П.*** Взаимосвязь продуктивных признаков у голштинских коров по лактациям // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 4(75). С. 131–137.
8. ***Мартынова Е. Н., Кислякова Е. М., Исупова Ю. В.*** Влияние генов молочных белков на показатели продуктивности коров голштинской породы // Аграрный научный журнал. 2026. № 1. С. 65–72. DOI: 10.28983/asj.y2026i1pp65-72.
9. ***Левченко М. В., Карликова Г. Г., Петрякова Г. К., Лашнева И. А., Сермягин А. А.*** Выявление генов, ассоциированных с технологическими свойствами молока коров, с помощью GWA-анализа и генной онтологии // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025. Т. 26, № 5. С. 1112–1124. DOI: 10.30766/2072-9081.2025.26.5.1112-1124.
10. ***Pedrosa V. B., Schenkel F. S., Chen S.-Y., Oliveira H. R., Casey T. M., Melka M. G., Brito L. F.*** Genomewide Association Analyses of Lactation Persistency and Milk Production Traits in Holstein Cattle Based on Imputed Whole-Genome Sequence Data // Genes. 2021. Vol. 12, No. 11. Art. 1830. DOI: 10.3390/genes12111830.
11. ***Ren J., Zhang Z., Tang M., Wen Z., Luo C., Qiang Z., Cai X., Wang H., Wang Q., Ji Y., Qiao W., Zhao J., Chen L.*** A single-cell transcriptomic study of milk cells from dairy cows with divergent lactation performance // Scientific Reports. 2025. Vol.

15, No. 1. Art. 34803. DOI: 10.1038/s41598-025-18654-y.

12. ***Crisà A., Nicolazzi E. L., Piovesan F., Ajmone-Marsan P., Pugliese C., Moioli B., Buttazzoni L.*** Transcriptome Profiling of Milk Somatic Cells in Holstein, Simmental, Simmental × Holstein Cross-breed and Podolica Cattle at Two Lactation Stages and Production Systems // Ruminants. 2026. Vol. 6, No. 1. Art. 16. DOI: 10.3390/ruminants6010016.
13. ***Исакова М. Н., Ряпосова М. В.*** Эффективность использования данных, полученных с электронной системы роботизированного доения, при комплексной диагностике мастита у коров // Ветеринария сегодня. 2023. Т. 12, № 2. С. 119–125.
14. ***Андреева А. А., Евграфова В. А., Воронина М. С., Прунтова О. В., Шадрова Н. Б.*** Этиология и эпизоотология мастита коров (аналитический обзор) // Ветеринария сегодня. 2024. Т. 13, № 1. С. 27–35. DOI: 10.29326/2304-196X-2024-13-1-27-35.

Поступила в редакцию: 15.01.2026 г.
Принята к публикации: 04.03.2026 г.

Макаров Д.О., научный сотрудник, TheNoodle4@yandex.ru, **Сенина Р.Ю.,** научный сотрудник, **Калашникова Л.А.,** профессор, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела», п. Лесные Поляны, Россия

УДК 636.082.4

Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Шендакова Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук
Ляшук Р.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия
Shendakov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Shendakova T.A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Lyashuk R.N., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
FSBEI HE Oryol State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: aish78@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ИНБРИДИНГА НА СООТНОШЕНИЕ ПОЛОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОТЁЛОВ В СТАДЕ ЧЁРНО-ПЁСТРЫХ КОРОВ С 56,3% ГЕНОВ ГОЛШТИНОВ (В ПРОЦЕССЕ ПОГЛОЩЕНИЯ)

(The effect of inbreeding on sex ratio and calving performance in a herd of Black-and-White cows with 56.3% Holstein genes (in the process of crossing))*

Инбридинг является существенной проблемой скотоводства. В изученном массиве инбридинг приводил к возрастанию % телят, рождённых мёртвыми, – до 4,7% от всего числа отёлов (при аутбридинге этот показатель составлял 2,7%). Также инбридинг способствовал рождению почти в два раза больше телят-двоен (6,22%) в сравнении с аутбридингом (3,65%). У дочерей быка-производителя Дона 1919 (104 отёла) телят-двоен и рождённых мёртвыми телят получено не было. От дочерей инбредного быка-производителя Крана 1790 (II-II) было получено 235 телят, однако 1,7% из них оказались мёртвыми. У дочерей быка-производителя Эмира 35 мы обнаружили интересную ситуацию: из 175 рождённых от него телят 14,6% телят были двойнями, однако 4,6% телят были рождены мёртвыми, в том числе из числа двоен. Бык Гордый 51 как отец матерей-коров способствовал тому, что из 29 полученных телят мёртвыми были 8 голов (это составило 27,6% от числа рождённых телят). Сделан вывод, что использование инбридинга в селекции чёрно-пёстрой породы при голштинизации следует считать ошибкой, а всех без исключения быков-производителей следует оценивать по способности детерминировать рождение двоен и мёртвых телят. Таких быков-производителей не следует использовать в селекции молочного скота.

Ключевые слова: чёрно-пёстрая порода, инбридинг, телята-двойни, мертворождённые телята.

Inbreeding is a significant problem in cattle breeding. In the studied group, inbreeding resulted in an increased percentage of stillborn calves, reaching 4.7% of all calvings (compared to 2.7% with outbreeding). Inbreeding also resulted in almost twice as many twin calves (6.22%) compared to outbreeding (3.65%). The daughters of the sire Don 1919 (104 calvings) produced no twin calves or stillborn calves. The daughters of the inbred sire Krana 1790 (II-II) sired 235 calves, but 1.7% of them were stillborn. We discovered an interesting situation among the daughters of the bull Emir 35: of the 175 calves born to him, 14.6% were twins, but 4.6% were stillborn, including those born in sets of twins. As the sire of the cows, the bull Gordy 51 contributed to the fact that of the 29 calves born, 8 were stillborn (amounting to 27.6% of the calves born). It is concluded that the use of inbreeding in the selection of the Black-and-White breed during Holsteinization should be considered a mistake, and all bulls without exception should be evaluated for their ability to determine the birth of twins and stillborn calves. Such bulls should not be used in dairy cattle breeding.

Key words: Black-and-White cattle, inbreeding, twin calves, stillborn calves.

Проблемы инбридинга стали активно обсуждаться ещё 100 лет назад целым рядом авторитетных учёных, такими, как ***Pusch, G.*** (1919) [11]. В течение XX века накопилось большое количество информации об использовании инбридинга в разных отраслях животноводства и в диких популяциях, однако инбридинг продолжает интересовать учёных как с теоретической и фундаментальной стороны, так и с точки зрения решения прикладных вопросов, связанных с ухудшением продуктивности и воспроизводительных качеств у животных.

Так, ***Demontis, D.*** И др. (2011) отмечают, что при инбридинге у норок наблюдалась сильная и высоко значимая отрицательная корреляция между уровнем родства и плодовитостью ($r=0,536$, $p<0,001$) [6].

Bazvand B. С соавт. (2024) отмечают, что иранские породы лошадей продемонстрировали более низкий уровень инбридинга по сравнению с экзотическими породами, разводимыми в Иране. В целом, результаты этого исследования предоставляют ценную информацию для разработки эффективных стратегий управления разведением, направленных на сохранение этих пород лошадей [5].

По данным ***Awemu, E.M. с соавт.*** (2021), средние коэффициенты инбридинга потомства от баранов-производителей, использовавшихся более одного периода разведения, составляли 0,103% для всех инбредных особей и 0,004% для всех ягнят. Коэффициенты регрессии показателей роста (средние значения в год) на уровень инбридинга по годам при этом были отрицательными [4].

Haque Md.A. с соавт. (2024) оценили тенденции инбридинга, эффективного размера популяции и генетического разнообразия шести корейских линий местных кур на основе родословных данных 54 383 цыплят. Линия А показала средний коэффициент инбридинга 0,0201, в то время как другие линии демонстрировали более низкие средние значения, варьирующиеся от 0,0009 до 0,0098, что указывает на то, что уровни инбридинга находились в приемлемом диапазоне и считались безопасными с точки зрения исчезновения. Средняя степень родства постоянно увеличивалась со временем. Индивидуальный рост инбридинга был самым высоким в линии А (0,62%), с меньшим ростом в других линиях, варьирующим от 0,02 до 0,23%. Эффективная численность популяции

варьировала от 81 до 2500 особей, при этом средняя степень родства внутри родительских популяций колебалась от 0,0032 до 0,0290 [8].

В диких популяциях проблема инбридинга не менее актуальна. Так, ***Vandal K. с соавт. (2024)*** исследовали восточных бурундуков (*Tamias striatus*). Мы предположили, что, согласно гипотезе о компромиссе между скоростью и точностью, более медленные и тщательные исследователи должны быть более разборчивыми, чем более быстрые и поверхностные, и, таким образом, избегать инбридинга. Мы обнаружили, что более медленные самцы размножались чаще с менее родственными самками, но только на одном участке, где наблюдалась высокая вариативность родства и плотности самок [13].

Не менее важны фундаментальные проблемы инбридинга, свойственных для разных видов живых организмов и растений. Так, ***Lopes M.S. с соавт. (2013)*** отмечают, что традиционные программы разведения учитывают средний уровень парного родства между братьями и сёстрами, и на основе информации о родословной для генетических оценок используется матрица родства, игнорирующая вариации, обусловленные менделевским распределением, а следовательно, коэффициенты инбридинга и родства либо завышены, либо занижены, что приводит к снижению точности генетических оценок и генетического прогресса. Однонуклеотидные полиморфизмы (SNP) могут быть использованы для более точной оценки парного родства и индивидуального инбридинга [10]. ***Абдельманова А.С. с соавт.*** (2023) [1] отмечают, что большее селекционное давление ассоциировано с увеличением средней длины и количества сегментов гомозиготности, а ***R. Fatma, W. Chauhan, M. Afzal (2024)*** также отмечено значительное снижение морфометрических показателей у инбредных особей по сравнению с аутбредными [7].

На примере растений следует подчеркнуть результаты, полученные ***Hokanson K., Hancock J. (2000)***, из которых следует, что доказательствами ранней инбредной депрессии являются наличие и более высокая доля абортированных семязачатков в плодах при самоопылении по сравнению с плодами, полученными от перекрёстного опыления, корреляция между уровнями завязывания семян при самоопылении и перекрёстном опылении, а также эксперименты по поиску пыльцы, демонстрирующие, что пыльца, полученная от самоопыления, действительно оплодотворяет семязачатки [9].

Кроме этого, следует отметить, что инбридинг особенно широко распространён в настоящее время среди молочных пород крупного рогатого скота, что снижает его жизнеспособность [12]. Не менее интересным с научной точки зрения является вопрос, насколько сильно был распространён инбридинг среди вымерших животных (например, среди мамонтов) [14]. Так или иначе, при использовании и распространении инбридинга в каждой популяции и у отдельных видов животных целый ряд вопросов остаётся нерешённым, что объясняет актуальность наших исследований, ***<u>целью</u>*** которых был анализ влияния инбридинга на соотношение полов и результаты отёлов чёрно-пёстрых коров в процессе поглощения голштинами.

Материалы и методы исследований. Исследования были проведены на основании базы СПК имени Мичурина Орловской области 2015-2016 года при участии к.с.-х.н Т. А. Шендаковой, аспирантов Федуловой Д.Г. и Аширматовой В. Н., в процессе исследований изучались и обобщались данные зоотехнического и племенного учёта. Полученные данные ранее нами публиковались в журнале «Биология в сельском хозяйстве» (2016-2017) [2, 3]. Средний процент генов голштинской породы на момент исследований (%HF) составил 56,3 (n=455). Был проведён анализ, в результате которого было отпрядено 1052 живых телёнка, в т.ч. 444 тёлочки. Систематизация данных была произведена при помощи компьютерной программы «Microsoft Excel».

Результаты исследований. В процессе исследований было установлено, что у коров с 25% голштинских генов стельность (50 отёлов) продолжалась 280,6 дня, в группе коров с 26-50% голштинских генов (562 отёла) стельность длилась 279,1 дня, при 51-75% голштинских генов – (313 отёлов) – 279,9 дня. У животных линии Аннас Адема (89 отёлов) стельность составила 280,5 дня, в линии Вис Бэк Айдиал (770 отёлов) – 278,9 дня.

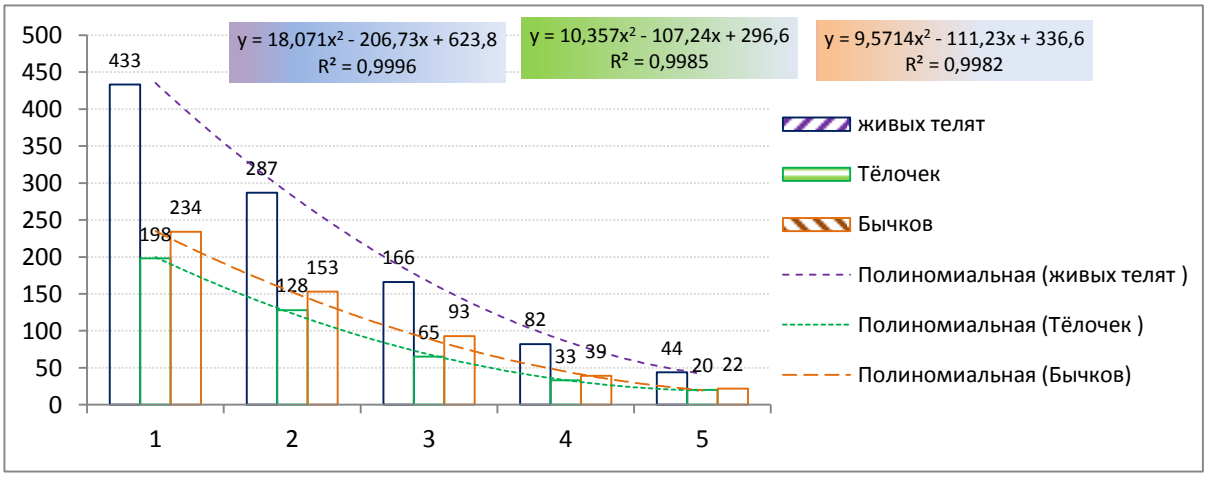


Рис. 1 – Распределение полов от 1 к 5 отёлу у коров чёрно-пёстрой породы *(средний %HF- 56,3)*

В исследованном поголовье (см. рис. 1) на 1052 живых телёнка было получено 444 тёлочки (или 42,2%), где мертворождённые телята составили 3,9%, притом, что 1,9% от отёлов являлись для коров труд-

ными. В том числе при 1-м отёле соотношение «тёлочка/бычок» при отёле было равно 45,7/54,3%, по 2-му отёлу – 44,5/55,5, по 3-му отёлу – 39,1/60,9%. Наибольший процент телят-двоен был достигнут к 4-му отёлу – почти 14% от всех проанализированных отёлов, однако по 1-му отёлу он составил около 0,2%.

При обычном типе подбора (аутбридинге) на 424 живых телёнка приходилось 41,2% тёлочек, в то время как при родственном типе подбора на 588 голов живых телят приходилось 45,7% тёлочек. Зарубежные учёные (согласно анализу источников) также подтверждают эту тенденцию. Инбридинг, однако, приводил к возрастанию % телят, рождённых мёртвыми, – до 4,7% от всего числа отёлов (при неродственном спаривании этот показатель составлял всего 2,7%).

При родственном спаривании рождалось почти в два раза больше телят-двоен – 6,22% в противовес неродственного подбора – 3,65%. Этот факт отягчался увеличением числа мёртворожденных телят.

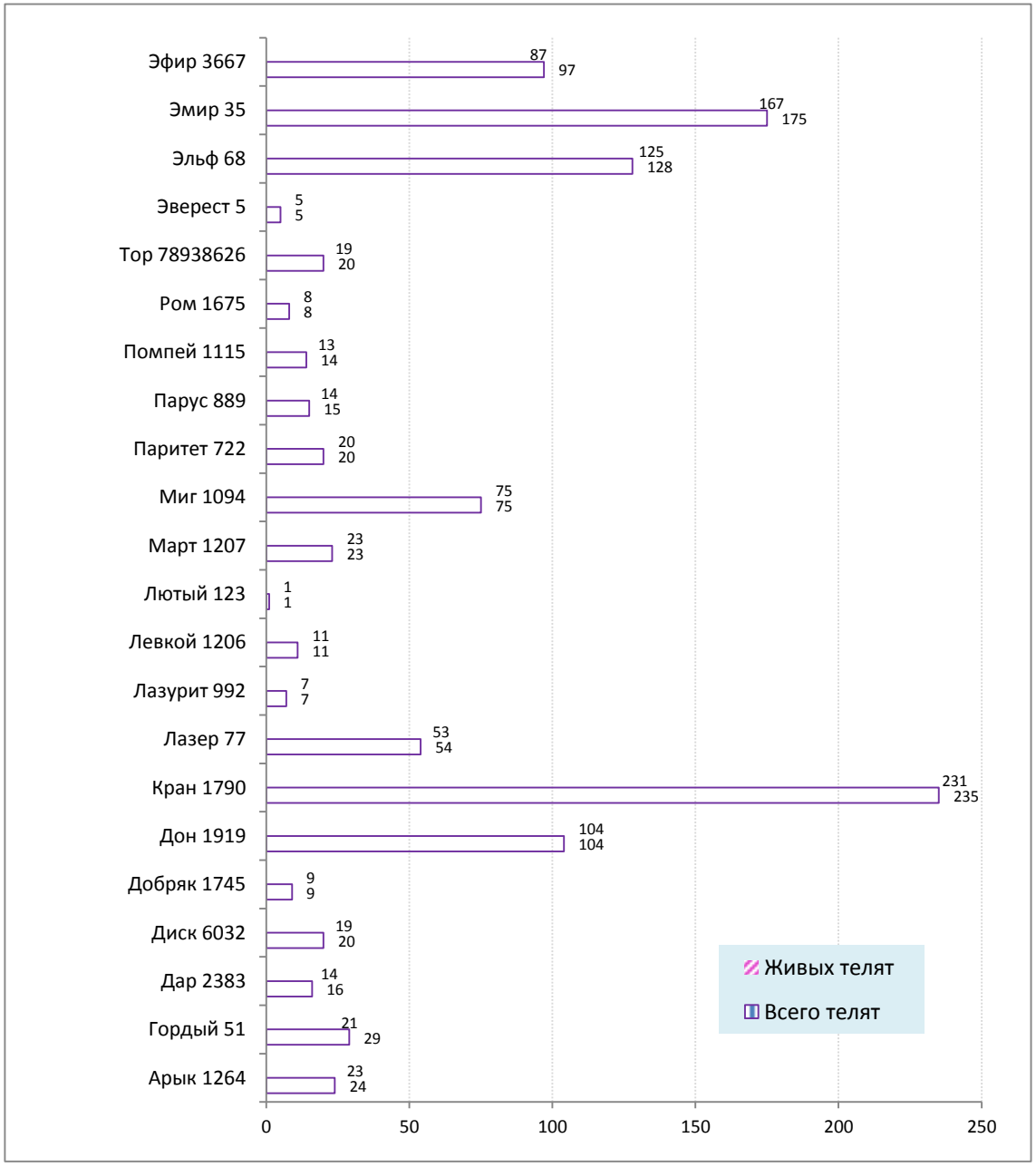


Рис. 2 - Количество всего телят и живых телят в зависимости от отца коровы-матери в СПК им. Мичурина Орловской области

Из рисунка 2 можно заметить, что отцы коров (быки-производители) существенно влияли на результат отёлов. Например, у дочерей быка-производителя Дона 1919 (104 отёла) телят-двоен и рождённых мёртвыми телят получено не было. От инбредного быка-производителя Крана 1790 (II-II) было получено 235 телят, однако 1,7% из них оказались мёртвыми. У дочерей быка-производителя Эмира 35 из 175 рождённых от него телят 14,6% телят были двойнями, однако 4,6% телят были рождены мёртвыми, в том числе из числа двоен. Бык Гордый 51 как отец матерей-коров способствовал тому, что из 29 полученных телят

мёртвыми были 8 голов (это составило 27,6% от числа рождённых телят). Отсюда можно заключить, что быков-производителей следует оценивать по их способности детерминировать результат отёлов в последующих поколениях.

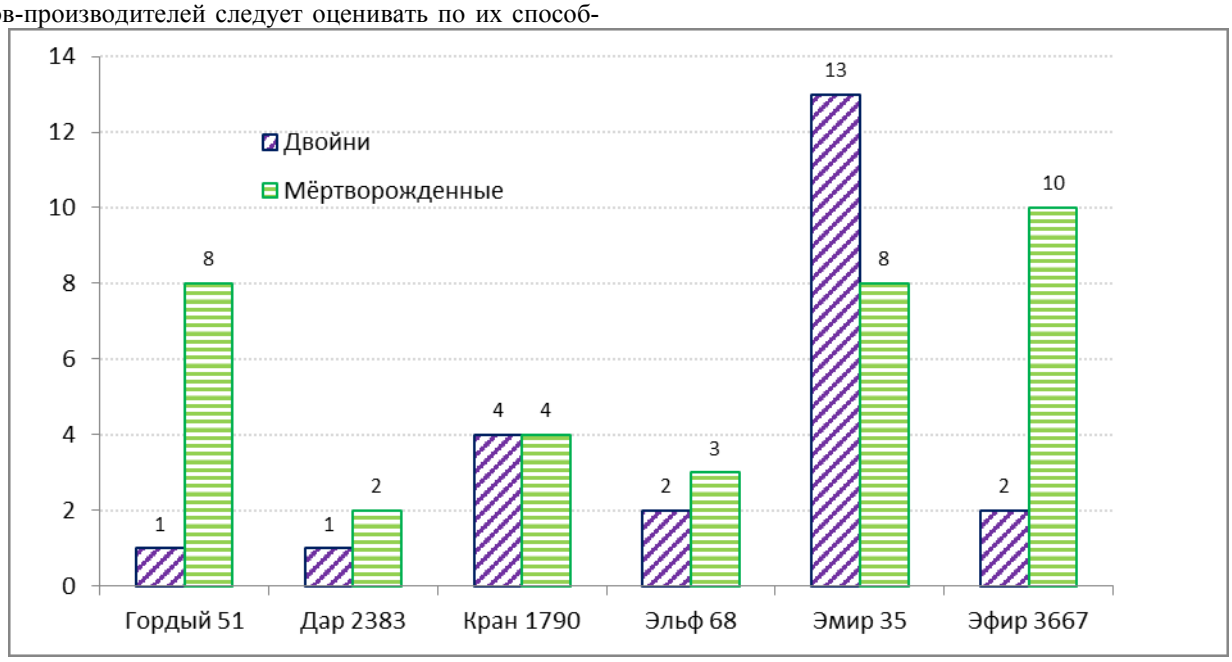


Рис. 3 - Количество телят-двоен и мертворождённых телят в зависимости от происхождения по отцу коровы-матери

Согласно данным рисунка 3, можно заметить, что чаще всего у коров встречались двойни, если среди отцов матерей коров был бык-производитель Эмир 35 (n=13); если среди отцов матерей коров были быки-производители Гордый 51, Эмир 35 и Эфир 3667, то у в стаде наблюдалось рождение мёртвых телят. По остальным быкам-производителям, присутствующим в родословной, тенденций к рождению мёртвых телят выявлено не было. Всего в стаде было получено 27 двоен и 41 мертворождённый телёнок, что также было объяснимо текущим инбридингом.

Таким образом, в изученном массиве инбридинг приводил к возрастанию % телят, рождённых мёртвыми, – до 4,7% от всего числа отёлов (при аутбридинге этот показатель составлял 2,7%). Также инбридинг способствовал рождению почти в два раза больше телят-двоен (6,22%) в сравнении с аутбридингом (3,65%). Кроме того, рождению двоен и мертворождённых телят способствовали некоторые быки-производители, встречающиеся в родословной коров, а именно – отцы матерей. Следовательно, использование инбридинга в селекции чёрно-пёстрой породы при голштинизации следует считать опрометчивым, а всех без исключения быков-производителей следует оценивать по способности детерминировать рождение двоен и мёртвых телят. Таких быков-производителей не следует использовать в селекции молочного скота.

Литература

1. ***Абдельманова А.С.*** Сравнительная оценка уровня геномного инбридинга у пород крупного рогатого скота, находящихся под различным селекционным давлением / А. С. Абдельманова, Т. Е. Денискова, В. В. Волкова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 9. – С. 48-53. – DOI 10.53859/02352451_2023_37_9_48. – EDN IWGZYK.
2. ***Шендаков А.И.*** Особенности и проблемы использования инбридинга в орловской популяции молочного скота / А. И. Шендаков, Т. А. Шендакова, Д. Г. Федулова, В. Н. Аширматова // Биология в сельском хозяйстве. – 2017. – № 2(15). – С. 10-13. – EDN YMVIGX.
3. ***Федулова, Д. Г.*** Влияние генетических и паратипических факторов на воспроизводительные качества чёрно-пёстрых коров / Д. Г. Федулова, А. И. Шендаков // Биология в сельском хозяйстве. – 2016. – № 3(12). – С. 25-30. – EDN XAYFCZ.
4. ***Awemu, E.M.*** The effect of inbreeding on preweaning growth of Yankasa sheep / E. M. Awemu, B. Y. Abubakar, L. N. Nwakalor // Nigerian Journal of Animal Production. – 2021. – Vol. 26. – P. 6-10. – DOI 10.51791/njap.v26i1.2819. – EDN CGBYZR.
5. ***Bazvand, B.*** Genome-wide analysis of population structure, effective population size and inbreeding in Iranian and exotic horses / B. Bazvand, A. Rashidi, M. B. Zandi [et al.] // PLoS ONE. – 2024. – Vol. 19, No. 3. – P. e0299109. – DOI 10.1371/journal.pone.0299109. – EDN PGFVXN.
6. ***Demontis, D.*** Inbreeding affects fecundity of American mink (Neovison vison) in Danish farm mink / D. Demontis, P. F. Larsen, H. Bækgaard [et al.] // Animal Genetics. – 2011. – Vol. 42, No. 4. – P. 437-439. – DOI 10.1111/j.1365-2052.2010.02155.x. – EDN OMPOTF.

7. ***Fatma, R.*** Assessment of inbreeding depression on morphometric traits among North Indian population cohorts / R. Fatma, W. Chauhan, M. Afzal // Discover Public Health. – 2024. – Vol. 21, No. 1. – P. 14. – DOI 10.1186/s12982-024-00132-x. – EDN OOUGHW.
8. ***Haque Md.A.*** Pedigree analysis of Korean native chickens: unraveling inbreeding and genetic diversity / Md. A. Haque, J. H. Jung, H. Ju. Choo [et al.] // Poultry Science. – 2024. – Vol. 103, No. 10. – P. 104071. – DOI 10.1016/j.psj.2024.104071. – EDN BMMDOL.
9. ***Hokanson, K.*** Early-acting inbreeding depression in three species of Vaccinium (Ericaceae) / K. Hokanson, J. Hancock // Sexual Plant Reproduction. – 2000. – Vol. 13, No. 3. – P. 145-150. – EDN AVRDKD.
10. ***Lopes M.S.*** Improved estimation of inbreeding and kinship in pigs using optimized SNP panels / M. S. Lopes, F. F. Silva, B. Harlizius [et al.] // BMC Genetics. – 2013. – Vol. 14, No. 1. – P. 1-11. – DOI 10.1186/1471-2156-14-92. – EDN ICFETJ.
11. ***Pusch, G.*** Inbreeding live stock / G. Pusch // Journal of Heredity. – 1919. – Vol. 10, No. 2. – P. 88. – EDN IRTDOX.
12. ***Tenhunen S.*** Inbreeding affects the survival of Danish Jersey and Holstein dairy cows / S. Tenhunen, J. R. Thomasen, L. P. S Rensen [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2025. – Vol. 108, No. 6. – P. 6203-6215. – DOI 10.3168/jds.2024-26125. – EDN KJBFWE.
13. ***Vandal K.*** Exploration and social environment affect inbreeding avoidance in a small mammal / K. Vandal, D. Garant, P. Bergeron, D. Réale // Behavioral Ecology. – 2024. – Vol. 35, No. 1. – DOI 10.1093/beheco/arad107. – EDN JLFRIS.
14. ***Woodford, Ja.*** The last woolly mammoths on Earth didn't die from inbreeding / Ja. Woodford // New Scientist. – 2024. – Vol. 263, No. 3498. – P. 17. – DOI 10.1016/s0262-4079(24)01225-9. – EDN NUYNME.

Поступила в редакцию: 10.02.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Шендакова Т.А.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, **Ляшук Р.Н.,** доктор сельскохозяйственных наук, профессор ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, г. Орёл, Россия, e-mail: aish78@yandex.ru,

---

*- работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБОУ ВО Орловский ГАУ по теме: «Повышение генетического потенциала селекционных признаков в орловской популяции молочного скота» (FEEF 2024-0011, рег. №10240322800041-7-4.2.1).

УДК 619:615.155: 636.2

Яровaн Н.И., доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской
Yarovan N.I., doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biotechnology and Chemistry named after Professor N.E. Pavlovskaya
Веселов С.Л., аспирант, старший лаборант кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской
Veselov S.L., postgraduate student, senior laboratory assistant at the Department of Biotechnology and Chemistry named after Professor N.E. Pavlovskaya
Маркина В.М., кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской
Markina V.M., candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biotechnology and Chemistry named after Professor N.E. Pavlovskaya
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия
FSBEEHE «Oryol State Agrarian University named after N.V. Parakhina», Orel, Russia

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ХРЕНА НА ОКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ И МИНЕРАЛЬНЫЙ ОБМЕН У КОРОВ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СТРЕСС-ПРЕССИНГА

(Effect of a biotically active feed supplement based on horseradish on the oxidant-antioxidant system and mineral metabolism in cows kept under industrial stress-pressing conditions)

Аннотация. В статье показано влияние биологически активных добавок из хрена обыкновенного, моркови и муки на состояние оксидантно-антиоксидантной системы и минерального обмена у коров, находящихся в условиях технологического стресс-прессинга при индустриальном ведении молочного скотоводства. Эксперимент проводили на базе ООО «Стрелецкое», Орловской области, д. Истомино. Для эксперимента были созданы три опытные и одна контрольная группы коров. При введении дополнительно к основному рациону коров добавок на основе хрена снижение малонового диальдегида составило в первой опытной группе на 15.53% (от начала эксперимента); во второй – на 16.00%, а в третьей на -16.50%. При этом уровень церулоплазмина увеличился в первой группе на 16.31%, во второй – на 17.66%, в третьей – на 18.62%. Использование предлагаемых добавок дополнительно к основному рациону оказало также положительное влияние на минеральный обмен. Так, к концу эксперимента, при сравнении показателей минерального обмена между опытными и контрольной группой установлено увеличение в опытных группах калия (в первой группе на 19.15%, во второй – на 20.62%, в третьей – на 22.51%.), натрия (в первой группе на 5.44%, во второй – на 6.19%, в третьей – на 8.16%.), кальция (в первой группе на 2.24%, во второй – на 3.92%, в третьей – на 5.88%.), и магния (в первой группе на 6.92%, во второй – на 13.33%, в третьей – на 17.18%), тогда как в контрольной группе эти показатели оставались на прежнем уровне.

Ключевые слова: хрен обыкновенный, морковь, технологический стресс, коровы, индустриальное содержание, минеральный обмен, оксидантно-антиоксидантная система.

Abstract. The article presents the effect of dietary supplements consisting of horseradish, carrots, and flour on the oxidant-antioxidant system and mineral metabolism in cows exposed to technological stress during industrial dairy farming. The experiment was conducted at Streletskoye LLC, Istomino village, Oryol Region. Three experimental and one control group of cows were formed for the experiment. When horseradish-based supplements were introduced into the cows' main diet, malondialdehyde levels decreased by 15.53% (from the start of the experiment) in the first experimental group; by 16.00% in the second group, and by -16.50% in the third group. Ceruloplasmin levels increased by 16.31% in the first group, by 17.66% in the second group, and by 18.62% in the third group. The use of the proposed supplements in addition to the basic diet also had a positive effect on mineral metabolism. Thus, by the end of the experiment, when comparing the mineral metabolism indices between the experimental and control groups, an increase was established in the experimental groups of potassium (in the first group by 19.15%, in the second by 20.62%, in the third by 22.51%), sodium (in the first group by 5.44%, in the second by 6.19%, in the third by 8.16%), calcium (in the first group by 2.24%, in the second by 3.92%, in the third by 5.88%), and magnesium (in the first group by 6.92%, in the second by 13.33%, in the third by 17.18%), while in the control group these indices remained at the same level.

Key words: horseradish, carrot, technological stress, cows, industrial maintenance, mineral metabolism, oxidant-antioxidant system.

Введение. Повышение уровня молочной продуктивности у коров наиболее распространённой голштинской породы при индустриальной технологии ведения молочного скотоводства является сложной задачей, поскольку коровы этой породы являются стресс-чувствительными к любым несоответствиям параметров кормления и содержания. При попадании животных в новые условия, они реагируют на них как на экстремальные, в частности на изменения климата, кормления, содержания и ухода, что можно рассматривать как суммарный стресс или стресс-прессинг. У животных выявляются ухудшение общего состояния,

нарушения метаболического статуса и физиологических функций, затягивается адаптационный период.

В связи с этим требуются изыскания средств растительного происхождения для коррекции метаболических процессов и физиологических функций, способствующих уменьшению адаптационного периода стресс-чувствительных голштинских коров.

В клетках животного для обеспечения его энергией, необходимой для всех жизненно важных процессов (биохимических и физиологических), осуществляются окислительно-восстановительные реакции. Полное извлечение энергии продуктов питания (углеводов, липидов и белков) требует участия кислорода. Активные формы кислорода объединяют ряд соединений, которые образуются в результате восстановления молекулы кислорода в виде супероксид анион-радикала, гидроксил-радикала, пероксид-радикала, синглетного радикала, гипохлорида, перекиси водорода, озона [1-5]. Окисление происходит в мембранах эндоплазматической сети, его продукты используются при синтезе ряда соединений: желчных кислот, эйкозаноидов, холестерола, стероидных гормонов и т.д. В эритроцитах неферментативный источник супероксид-анион радикала образуется при окислении гемоглобина с участием включённого в него железа.

Образовавшиеся активные частицы вступают в процесс рекомбинации друг с другом за счёт получения и отдачи электронов, при этом образуются новые свободные радикалы. Причинами высокого образования активных форм кислорода являются стрессовые состояния, экология, радиация и недоброкачественное кормление.

Защита от свободных радикалов в клетках происходит путём использования эффективных механизмов для ликвидации активных форм кислорода, которые осуществляются антиоксидантами. К ним относят в плазме крови – аскорбиновую кислоту, билирубин, мочевую кислоту, белок трансферрин, церулоплазмин, β-каротин, токоферол (витамин Е), убихинон, каротиноиды, супероксиддисмутазу, каталазу, глутатионпероксидазу. При избытке свободных радикалов формируется окислительный стресс, который является патогенетическим фактором многих заболеваний. При активации свободнорадикального окисления нарушается физико-химическая структура мембран и метаболические процессы в целом. В частности, происходит нарушение минерального обмена.

Цель работы.

Целью наших исследований было изучение влияния препаратов на основе хрена на оксидантно-антиоксидантную систему, минеральный обмен у коров в условиях индустриального стресс-прессинга.

Материалы и методы. Эксперимент проводили на базе ООО «Стрелецкое», Орловской области, д. Истомино. В качестве объектов исследования были сформированы по принципу пар - аналогов 4 группы коров 2-й лактации по 5 голов в каждой:

- контрольная группа – коровы получали только основной рацион (ОР);

- первая (опытная) группа получала ОР плюс добавка следующего состава: лист хрена сушёного на вольном воздухе (18,3 г) + мука (200 г) + морковь (38 г);

- вторая (опытная) группа – ОР + лист хрена измельчённого сушёного горячим воздухом (43,3 г) + мука (200 г) + морковь (38 г);

- третья (опытная) группа – ОР + корень хрена измельчённый сушёный горячим воздухом (12 г) + мука (200 г) + морковь (38 г).

При приготовлении добавок сушку проводили двумя способами: на вольном воздухе и с использованием горячего воздуха [6, 7].

Добавки задавались в пустые кормушки до утреннего кормления.

Состояние оксидантно-антиоксидантной системы изучали по уровню малонового диальдегида (МДА), как показателя свободно-радикального окисления, и церулоплазмина, как показателя антиоксидантной защиты (см. таблицу 1).

Таблица 1. Показатели оксидантно-антиоксидантной системы у коров при использовании в кормлении добавок на основе хрена

Опытные группы	Изучаемые показатели в сыворотке крови	До начала кормления	На 10-й день кормления	На 20-й день кормления	На 30-й день кормления
Контроль (ОР)	МДА, Мкмоль/л	9,77±0,37	9,73±0,321	9,74±0,342	9,85±0,417
	ЦП, Мкмоль/л	1,53±0,3	1,52±0,3	1,54±0,299	1,55±0,302
Группа №1 ОР + лист хрена сушёного на вольном воздухе (18,3 г) + мука (200 г) + морковь (38 г)	МДА, Мкмоль/л	9,75±0,386	9,1±0,391	8,7±0,386	8,44±0,388*
	ЦП, Мкмоль/л	1,54±0,297	1,62±0,295	1,77±0,307	1,84±0,275
Группа № 2 ОР + лист хрена измельчённого сушёного горячим воздухом (43,3 г) + мука (200 г) + морковь (38 г)	МДА, Мкмоль/л	9,73±0,343	9,12±0,396	8,8±0,405	8,41±0,365*
	ЦП, Мкмоль/л	1,54±0,267	1,64±0,251	1,76±0,252	1,87±0,254
Группа № 3 ОР + корень хрена измельчённый сушёный горячим воздухом (12 г) + мука (200 г) + морковь (38 г)	МДА, Мкмоль/л	9,77±0,377	9,21±0,359	8,79±0,288	8,37±0,261*
	ЦП, Мкмоль/л	1,53±0,312	1,68±0,268	1,9±0,339	1,89±0,274

Уровень малонового диальдегида в сыворотке крови у коров всех групп в начале эксперимента был выше референтных значений и в среднем составил 1,54. При введении дополнительно к основному рациону коров добавок на основе хрена снижение малонового диальдегида составило в первой опытной группе на 15,53% (от начала эксперимента); во второй – на 16,00%, а в третьей на -16,50%.

При этом уровень церулоплазмина увеличился в первой группе на 16,31%, во второй – на 17,66%, в третьей – на 18,62%.

Использование предлагаемых добавок дополнительно к основному рациону оказало также положительное влияние на минеральный обмен.

Так, к концу эксперимента, при сравнении показателей минерального обмена между опытными и контрольной группой установлено увеличение в опытных группах калия (в первой группе на 19,15%, во второй – на 20,62%, в третьей – на 22,51%.), натрия (в первой группе на 5,44%, во второй – на 6,19%, в третьей – на 8,16%.), кальция (в первой группе на 2,24%, во второй – на 3,92%, в третьей – на 5,88%.), и магния (в первой группе на 6,92%, во второй – на 13,33%, в третьей – на 17,18%), тогда как в контрольной группе эти показатели оставались на прежнем уровне.

Все положительные изменения в изучаемых показателях при добавлении к основному рациону добавок на основе хрена, моркови и муки при разных технологиях приготовления, очевидно, обосновываются богатым химическим составом используемых компонентов. Так в составе растения хрен обыкновенный (*Armorácia rusticána*) содержатся следующие биологически активные компоненты: витамины B_1 (0.08 мг%), B_2 (0,10 мг%), PP (0,4 мг%), B_5 (0,13 мг%), B_6 (1,2 мг%), C (55 мг%); минеральные элементы Na (100 мг%), K (579 мг%), Ca (119 мг%), Mg (36 мг%) [8-10].

Вывод. Применение дополнительно к основному рациону коров голштинской породы, подвергающихся воздействию технологического стресса в условиях стрессогенной индустриальной технологии, биологически активных добавок, включающих хрен, морковь и муку, способно затормозить образование свободных радикалов, увеличить активность антиоксидантов и количественное содержание эссенциальных минеральных элементов.

Проведённые исследования позволяют рекомендовать использование предлагаемых добавок в качестве адаптогенных средств для коров в условиях индустриального стресс-прессинга.

Литература

1. ***Новиков В.Е., Левченкова О.С., Пожилова Е.В.*** Роль активных форм кислорода в физиологии и патологии клетки и их фармакологическая регуляция// Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. 2014. Т. 12. № 4. С. 13-21.
2. ***Гривенникова В. Г., Виноградов А. Д.*** Генерация активных форм кислорода митохондриями // Успехи биол. химии. - 2013. - Т. 53. - С. 245-296.
3. ***Зоров Д. Б., Исаев Н. К., Плотников Е. Ю., Силачев Д. Н.*** Перспективы митохондриальной медицины // Биохимия. - 2013. - Т. 78, № 9. - С. 1251-1264.
4. ***Киричек Л. Т., Зубова Е.*** О. Молекулярные основы окислительного стресса и возможности его фармакологической регуляции // Междунар. мед. журнал. - 2004. - № 1. - С. 144-148.
5. ***Фурман Ю.В., Артюшкова Е.Б., Аниканова А.В.*** Окислительный стресс и антиоксиданты // Актуальные проблемы социально-гуманитарного и научно-технического знания. 2019. № 1 (17). С. 1-3.
6. ***Usai M, Marchetti M, Foddai M et al (2011)*** Influence of different stabilizing operations and storage time on the composition of essential oil of thyme (Thymus officinalis L.) and rosemary (Rosmarinus officinalis L.). LWT Food Sci Technol 44:244–249. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.05.024
7. ***Wolfe KL, Liu RH (2003)*** Apple peels as a value-added food ingredient. J Agric Food Chem 51:1676–1683. https://doi. org/10.1021/jf025916z
8. ***Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник*** / под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. - Х46 М.: ДеЛи принт, 2002. - 236 с.
9. ***Хрен обыкновенный - перспективный источник получения биологически активных веществ*** / А. А. Золтоев, Т. Д. Рендюк, Т. Д. Даргаева [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2026. – Т. 29, № 2. – С. 18-27. – DOI 10.29296/25877313-2026-02-02. – EDN QVJJZD.
10. ***Демиденко, Г. А.*** Состав и свойства хрена обыкновенного (Armoracia rusticana) как одного из представителей эфиромасличной культуры в Сибири / Г. А. Демиденко // Растениеводство и луговодство : сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием, Москва, 18–19 октября 2020 года. – Москва: ЭйПиСиПаблишинг, 2020. – С. 87-90. – DOI 10.26897/978-5-9675-1762-4-2020-18. – EDN GJYIGB.

Поступила в редакцию: 10.02.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Ярован Н.И., доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии и химии, **Веселов С.Л.,** аспирант, старший лаборант, **Маркина В.М.,** кандидат химических наук, доцент кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия.

УДК 636.2.082.252

Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия
Murlenkov N.V., Candidate of Agricultural Sciences, Research Associate
Shendakov A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: chr98@yandex.ru

АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ИНБРИДИНГА У КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ПЛЕМЕННОМ ЗАВОДЕ ЗАО «СЛАВЯНСКОЕ» ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ*

(Analysis of the prevalence of inbreeding in Holstein cows at the breeding farm of CJSC “Slavyanskoye” Oryol Region)

Аннотация. Исследования проведены на поголовье коров голштинской породы. Материалом послужили 337 родословных карточек, по которым выявили наличие общих предков, определили степень родственного подбора и рассчитали коэффициент инбридинга по Райту. Инбридинг установлен у 57 животных, что составило 16,91 % от общего числа проанализированных коров; у 280 животных родственное спаривание по изученным родословным не выявлено. Для характеристики инбридинга использовали группировку по величине коэффициента F_x с учетом степени родственного подбора. Основная часть инбредных животных относилась к группе отдаленного инбридинга – 43 головы, или 75,44 % от числа инбредных животных. Умеренный инбридинг выявлен у 11 голов, что составило 19,30 %, близкий и тесный инбридинг – у 3 животных, или 5,26 %. Полученные результаты показывают преобладание отдаленных и умеренных форм родственного подбора, однако наличие отдельных случаев тесного инбридинга указывает на необходимость дальнейшего контроля родословных при формировании родительских пар.

Ключевые слова: голштинская порода, коэффициент инбридинга, родословная, генеалогический анализ, родственный подбор.

Abstract. The study was carried out on a population of Holstein cows. The material consisted of 337 pedigree records, which were analyzed to identify common ancestors, determine the degree of related mating, and calculate Wright’s inbreeding coefficient. Inbreeding was found in 57 animals, accounting for 16.91% of the total number of analyzed cows; in 280 animals, related mating was not detected within the studied pedigrees. To characterize inbreeding, the animals were grouped according to the value of the inbreeding coefficient F_x, taking into account the degree of related mating. Most of the inbred animals belonged to the distant inbreeding group – 43 animals, or 75.44% of all inbred animals. Moderate inbreeding was detected in 11 animals, accounting for 19.30%, while close inbreeding was found in 3 animals, or 5.26%. The results indicate a predominance of distant and moderate forms of related mating; however, the presence of individual cases of close inbreeding highlights the need for further pedigree control when forming parental pairs.

Keywords: Holstein breed, inbreeding coefficient, pedigree, genealogical analysis, related mating.

Введение. Повышение продуктивности молочного скота во многом связано с использованием высокоценных быков-производителей и целенаправленным подбором родительских пар. В голштинской породе, широко применяемой для совершенствования молочных стад, высокая интенсивность селекции позволяет быстрее закреплять желательные признаки, однако одновременно повышает риск повторного использования одних и тех же генеалогических линий [2, 5, 6]. В результате в популяции может увеличиваться доля животных, имеющих общих предков по материнской и отцовской сторонам родословной.

Инбридинг является одним из методов селекции, поскольку при определенных условиях он способствует консолидации наследственных качеств. Вместе с тем, его бесконтрольное накопление может приводить к инбредной депрессии, проявляющейся снижением жизнеспособности, ухудшением воспроизводительных качеств, продуктивного долголетия и общей приспособленности животных [3, 7, 8, 9]. В молочном скотоводстве эта проблема имеет особое значение, поскольку хозяйственная ценность коровы определяется не только уровнем удоя, но и способностью длительно и стабильно использоваться в стаде [9, 10].

Оценка инбридинга по данным родословных сохраняет практическое значение для племенной работы, особенно в хозяйствах, где ведется системный учет происхождения животных. Такой анализ позволяет выявлять повторяющихся общих предков, определять степень родства и учитывать полученные данные при дальнейшем подборе пар. Даже при наличии современных молекулярно-генетических методов генеалогический анализ остается доступным и информативным этапом первичной оценки структуры стада, поскольку опирается на данные племенного учета и может быть применен к большому массиву животных [4, 6, 8].

Особое значение такая оценка имеет для племенных хозяйств с интенсивным использованием голштинского генофонда. При высокой продуктивности животных и активном применении семени ограниченного числа ценных производителей в стаде по-

степенно накапливаются повторения отдельных предков, формируя специфическую генеалогическую структуру поголовья [11]. В этих условиях важно не только установить сам факт инбридинга и рассчитать коэффициент возрастания гомозиготности, но и определить характер родственного подбора по положению общего предка в родословной. Такой подход позволяет разграничить отдаленный, умеренный, близкий и тесный инбридинг, отделяя дальние повторы известных производителей от случаев, при которых общий предок расположен в ближайших поколениях и может существенно влиять на генетическую однородность потомства [1, 2, 5].

В связи с этим изучение распространенности и степени инбридинга в конкретном молочном стаде имеет как научное, так и практическое значение. Научный интерес заключается в характеристике генеалогической структуры популяции, а практический – в возможности использовать полученные данные для корректировки подбора, предупреждения чрезмерного накопления родства и сохранения продуктивного потенциала животных [7, 8, 10].

Цель исследований – на основе данных племенного учета ЗАО «Славянское» Верховского района Орловской области выявить случаи родственного подбора у коров голштинской породы, определить степень инбридинга по положению общих предков в родословных и установить распределение животных по величине коэффициента инбридинга, рассчитанного по Райту.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены по материалам племенного учета коров голштинской породы, содержащихся в ЗАО «Славянское» Верховского района Орловской области. В качестве исходного материала использовали карточки племенных коров формы 2-МОЛ, содержащие сведения о происхождении животных, их кличках, инвентарных номерах, породной принадлежности, продуктивности матерей и предках по материнской и отцовской сторонам родословной. В карточках фиксировались данные о хозяйстве, породе, дате рождения животного, происхождении и идентификационных номерах предков, что позволяло проводить генеалогический анализ родословных.

Всего было проанализировано 337 карточек племенных коров. Из общего массива отдельно выделяли животных, у которых в пределах доступной родословной выявлялось повторение одного и того же предка по материнской и отцовской сторонам происхождения. В результате дальнейший расчет коэффициента инбридинга проводили только для животных с установленным общим предком.

Инбридинг определяли на основании анализа родословных карточек. Для каждого животного отдельно рассматривали отцовскую и материнскую стороны происхождения, выявляли общих предков и устанавливали их положение в поколениях родословной.

Степень инбридинга определяли по расположению общего предка в рядах родословной. Первый ряд соответствовал родителям животного, второй – дедам и бабкам, третий – прадедам и прабабкам, четвертый – следующему поколению предков. Степень записывали в виде сочетания рядов родословной (например, III-IV, IV-II, II-II). Если общий предок повторялся несколько раз, в таблице указывали все выявленные сочетания.

Коэффициент инбридинга рассчитывали по формуле С. Райта на основании повторения общих предков в отцовской и материнской сторонах родословной. Для обобщения результатов животных группировали по величине рассчитанного коэффициента инбридинга; степень родственного подбора уточняли по положению общего предка в родословной. В исследованном материале были представлены случаи отдаленного, умеренного и тесного инбридинга.

Статистическую обработку проводили методами описательной статистики. Рассчитывали абсолютное количество животных в каждой группе инбридинга и их долю от общего числа проанализированных карточек, а также долю от числа животных с выявленным инбридингом.

Таблица 1 – Группировка инбредных животных по величине коэффициента инбридинга

Группа	Диапазон F_x	Количество животных	Доля от инбредных, %	Доля от всех животных, %
Отдаленный инбридинг	Fx < 3,13 %	43	75,44	12,76
Умеренный инбридинг	3,13 ≤ Fx < 6,25 %	11	19,30	3,26
Тесный инбридинг	12,50 ≤ Fx ≤ 25,00 %	3	5,26	0,89
Итого	–	**57**	**100,00**	**16,91**

По результатам анализа 337 карточек племенных коров инбридинг в пределах изученной родословной был установлен у 57 животных, что составило 16,91 % от общего числа исследованных животных (табл. 1). У 280 коров повторений общих предков, указывающих на родственное спаривание, не выявлено. При группировке животных использовали коэффициент возрастания гомозиготности F_x. Наибольшую часть составили животные с отдаленным инбридингом – 43 головы, или 75,44 % от числа инбредных животных. Умеренный инбридинг установлен у 11 животных, что составило 19,30 %. Тесный инбридинг выявлен у 3 животных, или у 5,26 % от числа инбредных коров.

Полученные данные показывают, что в исследованном поголовье преобладали животные с низкими значениями коэффициента F_x. В сумме отдаленный и умеренный инбридинг был установлен у 54 животных, или у 94,74 % от всех инбредных коров. Случаи тесного родственного подбора встречались значительно реже – 3 головы, или 5,26 % от числа инбредных животных. Это указывает на отсутствие массового накопления выраженного родства в стаде, однако выявленные случаи тесного инбридинга требуют дальнейшего индивидуального анализа по расположению общего предка в родословной и учета при подборе родительских пар.

Таблица 2 – Инбридинг с коэффициентом возрастания гомозиготности (F_x) менее 3,13%

Кличка и № коровы	Общий предок	Позиции в родословной	Степень	F_x, %
Серафима 24	П.Шоттл, GB0000598172	OOOM-OMMO	IV-IV	0,78
Краля 62	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OOMM-OOMO; OOMM-OOOO	IV-IV, IV-IV	1,56
Выточка 68	Мтото, IT6001001962	OMOM-OOMO	IV-IV	0,78
Фрегата 144	П.Шоттл, GB0000598172	OOM-OMMO	III-IV	1,56
Сажа 278	П.Шоттл, GB0000598172	OOM-OMOO	III-IV	1,56
Дрема 562	М.Т. Маршл 505348, US0002290977	OOOM-OMOO	IV-IV	0,78
Тюлька 662	Д.М. Бурнс, CA0100745543	OMMM–OMO	IV-III	1,56
Лыжня 820	С.В. Болтон, US0131823833	OOMM–OMOO	IV-IV	0,78
Гроздь 824	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OOOM–OMOO	IV-IV	0,78
Крепкая 877	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OMOM–OMOO	IV-IV	0,78
Перга 1502	Э.Т. Планет, US0060597003	OOOM–OMMO	IV-IV	0,78
Спешка 1536	Б. Голдвин 503839, CA0010705608	OMOM–OMMO	IV-IV	0,78
Женева 1577	Э.Т. Планет, US0060597003	OOMM–OOMO	IV-IV	0,78
Амфибия 1623	Б. Голдвин 503839, CA0010705608	OOOM–OOMO	IV-IV	0,78
Ранетка 1631	Б. Голдвин 503839, CA0010705608	OOMM–OMMO	IV-IV	0,78
Акулина 1703	П.Шоттл, GB0000598172	OOMM-OMOO	IV-IV	0,78
Бося 1738	Э.Т. Планет, US0060597003	OOOM-OMOO	IV-IV	0,78
Тося 1807	Э.Т. Планет, US0060597003	OMOM-OMMO	IV-IV	0,78
Калитка 1870	П.Шоттл, GB0000598172	OOOM-OMOO	IV-IV	0,78
Тома 681	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OMOM-OMMO; OMOM-OOOO	IV-IV, IV-IV	1,56
Фирма 690	Мтото, IT6001001962	OOOM-OOO	IV-III	1,56
Фаза 837	Э.Т.Планет, US0060597003	OOM-OOMO	III-IV	1,56
Кобура 871	Д.С.Букем, US0066636657	OOM-OOOO	III-IV	1,56
Армия 894	Л.Л.О.Оман, US0135746776	OOOM-OOMO; OOOM-OOOO	IV-IV, IV-IV	1,56
Клавиша 1068	Р.С.Робуст, US0064966739	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Речка 1409	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Кулиса 1434	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OOM-OMMO	III-IV	1,56
Заварка 1476	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OOMM-OMMO; OOMM-OOOO	IV-IV, IV-IV	1,56
Броня 1496	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Озеро 1519	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Азотка 1556	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Капель 1556	Мтото, IT6001001962	OOMM-OOMO	IV-IV	0,78
Букашка 1584	Б.Голдвин503839, CA0010705608	OMOM-OMMO	IV-IV	0,78
Гренада 1643	Э.А.Бакстер, US0132973942	OOM-OMOO	III-IV	1,56
Эмаль 1662	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Троль 1705	О.Б.М. Джустик, US0122358313	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Фонтанка 1751	Э.Т.Планет, US0060597003	OOOM-OMO	IV-III	1,56
Дружина 1818	Ф.Г.Сноумен, NL0388965513	OOM-OOOO	III-IV	1,56
Манишка 1876	Л.Л.О.Оман, US0135746776	OOOM-OOMO; OOOM-OMOO	IV-IV, IV-IV	1,56
Кружка 708	Д.С.Букем, US0066636657; Э.Т.Планет, US0060597003	OOM-OOOO; OOOM-OMMO	III-IV; IV-IV	2,34
Альфа 1418	Э.Т.Планет, US0060597003; Б.Голдвин503839, CA0010705608	OOM-OOMO; OMOM-OMMO	III-IV; IV-IV	2,34
Ряженка 1508	Л.Л.О.Оман, US0135746776	OOM-OOMO; OOMM-OOMO	III-IV, IV-IV	2,34
Матильда 1881	М.С.Д.Могул, US3006972816	OMOM-OOO	IV-III	1,56

В таблицу 2 включены животные, у которых коэффициент возрастания гомозиготности F_x составил менее 3,13 %. По расположению общего предка в родословной большинство выявленных случаев относится к умеренному инбридингу, поскольку повторяющиеся предки чаще всего располагались в III-IV, IV-III и IV-IV рядах родословной. При таких сочетаниях вклад одного самостоятельного пути родства в общий коэффициент F_x обычно составляет 0,78-1,56 %. У части животных инбридинг был связан с одним общим предком, выявленным в одной паре рядов родословной. Наряду с этим встречались случаи, когда один общий предок образовывал несколько самостоятельных сочетаний рядов либо общий коэффициент F_x формировался за счет нескольких разных общих предков. Несмотря на низкое значение F_x, такие животные представляют интерес для оценки повторного использования одних и тех же линий в стаде.

Среди общих предков в данной группе встречались широко используемые голштинские производители, представленные как с материнской, так и с отцовской стороны родословной.

Таблица 3 – Инбридинг с коэффициентом возрастания гомозиготности (F_x) от 3,13 до 4,69 %

Кличка и № коровы	Общий предок	Позиции в родословной	Степень	F_x, %
Ложа 99	О.Б.М. Джустик, US0122358313	ООММ-ОМО, ОМОМ-ОМО	IV-III, IV-III	3,13
Бусинка 242	Боливер, US0123586443	ОООМ-ОО	IV-II	3,13
Груша 243	Боливер, US0123586443	ОООМ-ОО	IV-II	3,13
Корри 285	Джоко Бенс, FR5694028588; Мтото, IT6001001962; С.Рудольф, CA0005470579	ОМОМ-ОМО, ОООМ-ООО, ООММ-ОМОО	IV-III; IV-III; IV-IV	3,91
Феска 353	П.Шоттл, GB0000598172	ОООМ-ОО	IV-II	3,13
Улитка 606	Б.Голдвин503839, CA0010705608	ООМ-ООО	III-III	3,13
Клариси 704	Боливер, US0123586443	ОООМ-ОО	IV-II	3,13
Гильза 825	Д.С.Букем, US0066636657; Этазон Ренате, NL0389691563; Суперстишн, US0062065919	ОМОМ-ООО, МООМ-ММОО, ООММ-ООМО	IV-III; IV-IV; IV-IV	3,13
Яшка 1650	П.Шоттл, GB0000598172	ООМ-ОМО	III-III	3,13
Тая 1863	Д.С.Балисто, US0070625988; Г.Эпис, CA0011104016	ООМ-ООО, ОМОМ-ОМОО	III-III; IV-IV	3,91
Волна 1344	Т.Лимб Лооп, DK0000054401; Л.Л.О.Оман, US0135746776	ОММ-ООО, ООМ-ОММО	III-III; III-IV	4,69

В таблицу 3 включены животные, у которых коэффициент возрастания гомозиготности F_x находился в пределах от 3,13 до 4,69 %. По сравнению с животными, представленными в таблице 2, увеличение F_x было связано либо с более близким расположением общего предка в родословной, либо с наличием нескольких самостоятельных путей родства, каждый из которых вносил отдельный вклад в общий коэффициент.

У части животных значение F_x было обусловлено сочетаниями III-III или IV-II. Такие варианты имеют большее селекционное значение, чем повторение общего предка только в III-IV или IV-IV рядах, поскольку в родословной присутствует более близкое расположение общего предка хотя бы с одной стороны происхождения. В других случаях коэффициент F_x формировался за счет нескольких повторов, каждый из которых по отдельности давал небольшой вклад, но в сумме приводил к увеличению общего значения показателя.

Животные данной группы не относятся к случаям тесного инбридинга, или кровосмешения. Вместе с тем их родословные требуют более внимательного учета при подборе родительских пар, поскольку дальнейшее использование тех же линий может привести к дополнительному накоплению родства у потомства.

Таблица 4 – Инбридинг с коэффициентом возрастания гомозиготности (F_x) от 12,50 до 25,00%

Кличка и № коровы	Общий предок	Позиции в родословной	Степень	F_x, %
Морская 87	Мэскол, DE0578891748	ОМ-ОО; ООММ-ОО	II-II, IV-II	15,63
Морковка 669	Мэскол, DE0578891748	О-ООМ	I-III	12,50
Макушка 876	ДельтаПарамаунт, NL0339291027	О-ОМ	I-II	25,00

В таблицу 4 включены животные, у которых коэффициент инбридинга находился в пределах от 12,50 до 25,00 %. Данная группа малочисленна, однако имеет наибольшее селекционное значение, поскольку увеличение F_x связано с более близким расположением общего предка в родословной или с наличием нескольких самостоятельных путей родства.

Наиболее выраженный случай установлен у Макушки 876. Общий предок ДельтаПарамаунт NL0339291027, расположен в родословной как отец животного и одновременно как отец матери, что соответствует сочетанию I-II. Такой вариант относится к тесному инбридингу, или кровосмешению, а коэффициент F_x составляет 25,00 %. У Морской 87 коэффициент F_x составил 15,63 %. Его формирование связано с повторением общего предка Мэскол DE0578891748, в сочетаниях II-II и IV-II. В этом случае родство выражено не только величиной коэффициента, но и положением общего предка в близких рядах родословной. У Морковки 669 общий предок Мэскол DE0578891748 расположен в сочетании I-III, что соответствует близкому инбридингу; значение F_x составило 12,50 %.

При дальнейшем использовании таких животных необходимо учитывать не только величину F_x, но и конкретное расположение общего предка в родословной. Для предупреждения дальнейшего накопления родства целесообразно подбирать к ним неродственных производителей и контролировать повторение одних и тех же линий в последующих поколениях.

Вывод. Проведенный анализ родословных карточек показал, что у коров голштинской породы в исследованной выборке преобладали отдаленные и умеренные формы родственного подбора. Инбридинг был выявлен у 57 животных из 337, что составило 16,91 % от общего числа проанализированных коров. При этом у 280 животных повторения общих предков, указывающего на родственное спаривание, не установлено.

Основная часть инбредных животных относилась к отдаленному инбридингу – 43 головы, или 75,44 % от числа инбредных коров. Умеренный ин-

бридинг установлен у 11 животных, что составило 19,30 %. В сумме эти две группы включали 54 головы, или 94,74 % всех выявленных случаев инбридинга. Это свидетельствует об отсутствии массового накопления тесного родства в исследованном поголовье.

Вместе с тем у 3 животных, или у 5,26 % от числа инбредных коров, выявлен тесный инбридинг. Такие случаи имеют наибольшее практическое значение, поскольку при дальнейшем подборе родительских пар повторное использование родственных линий может привести к увеличению коэффициента инбридинга у потомства. Поэтому животных с тесным инбридингом целесообразно учитывать индивидуально, сопоставляя данные их происхождения с продуктивностью, воспроизводительными качествами и жизнеспособностью потомства.

В производственных условиях рекомендуется проводить предварительную проверку родословных при подборе быков-производителей, особенно при использовании широко распространенных линий и семени ценных производителей. Это позволит сохранять селекционно значимые генотипы в стаде, но одновременно снижать риск нежелательного накопления родства в последующих поколениях.

Литература

1. ***Баранова Н. С.*** Влияние аутбридинга и инбридинга на молочную продуктивность коров костромской породы / Н. С. Баранова, А. А. Королев, Д. С. Казаков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54, № 6. С. 80-88.
2. ***Васильева Е. Н.*** Влияние степени инбридинга на геномную оценку голштинских быков разных генеалогических комплексов / Е. Н. Васильева, О. В. Тулинова, А. В. Петрова // Аграрный научный журнал. – 2023. № 10. С. 94-99.
3. ***Грачев В. С.*** Влияние инбридинга на показатели онтогенеза, продуктивности и долголетия молочных коров / В. С. Грачев, С. А. Брагинец, А. Ю. Алексеева // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (67). С. 91-99.
4. ***Иванова И. П.*** Влияние инбридинга на продуктивные качества молочного скота / И. П. Иванова, Н. А. Юрк, М. Е. Григорьев, Ю. С. Гаврилова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2021. Т. 58, № 2. С. 77-82.
5. ***Недашковский И. С.*** Влияние уровня инбридинга коров голштинской породы на оценку их типа телосложения / И. С. Недашковский, А. Ф. Контэ, Е. Н. Нарышкина, А. А. Сермягин // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 2. С. 3-6.
6. ***Племяшов К. В.*** Генеалогический анализ высокопродуктивных коров голштинской породы с левосторонним смещением сычуга / К. В. Племяшов, Б. С. Семенов, Т. Ш. Кузнецова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 5. С. 3-7.
7. ***Попов Н. А.*** Поиск дополнительной изменчивости в стаде коров голштинской породы / Н. А. Попов // Аграрная наука. 2023. № 2. С. 70-75.
8. ***Руденко О. В.*** Показатели воспроизводства коров при разной степени инбридинга / О. В. Руденко // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2022. Т. 17, № 3. С. 360-372.
9. ***Шишкина Т. В.*** Оценка влияния инбридинга на молочную продуктивность, воспроизводительные качества и продолжительность хозяйственного использования коров голштинской породы / Т. В. Шишкина, А. В. Остапчук, Л. Л. Ошкина, Е. А. Зуева // Главный зоотехник. 2024. № 11 (256). С. 39-54.
10. ***Юдин В. М.*** Продуктивные и воспроизводительные качества коров на фоне применения инбредной и аутбредной форм подбора быков / В. М. Юдин, А. С. Тронина, А. И. Любимов, И. М. Мануров, В. В. Хохлов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (74). С. 44-55.
11. ***Янкина О. Л.*** Племенное дело в скотоводстве : учебное пособие для обучающихся направления подготовки 36.03.02 Зоотехния / О. Л. Янкина ; ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. Уссурийск : ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2019. 155 с. URL: https://primacad.ru/sveden/files/YAnkina_O.L._36.03.02_Plemennoe_delo_v_skotovodstve._uch_posobie%281%29.pdf (дата обращения: 19.05.2026).

Поступила в редакцию: 10.02.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

*- работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для ФГБОУ ВО Орловский ГАУ по теме: «Повышение генетического потенциала селекционных признаков в орловской популяции молочного скота» (FEEF 2024-0011, рег. №10240322800041-7-4.2.1).

УДК 663.18:579.62

Лушников А.В., кандидат технических наук, доцент
Lushnikov A.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Гнеушева И.А., кандидат технических наук, доцент
Gneusheva I.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Солохина И.Ю., кандидат биологических наук, доцент
Solokhina I.Yu., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Горькова И.В., доктор технических наук, профессор
Gorkova I.V., Doctor of Technical Sciences, Professor
Ярославкина Н.Ю., ассистент
Yaroslavkina N.Y., assistant
Воронкова М.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Voronkova M.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Ермакова Н.В., кандидат биологических наук, доцент
Ermakova N.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: solohinairina@yandex.ru
Federal State Budgetary Educational Institution Higher education "Oryol State Agricultural University named after N.V. Parakhin", e-mail: solohinairina@yandex.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЛИЗИНСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА КОРМОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОБОГАЩЕННОЙ ЛИЗИНОМ ОСНОВЕ

(Optimization of conditions for producing a lysine-containing fodder product based on enriched lysine**)**

Аннотация. Кормовые препараты, содержащие лизин производят методом глубинной ферментации с применением микроорганизмов *рода Bacillus.* Данные микроорганизмы обладают высокой ферментативной активностью и культивируются на питательных средах, содержащих моносахариды. Конечным продуктом ферментации является лизин. L-лизин - это одна из важнейших незаменимых аминокислот, входящих в состав кормов, для животных. Перспективным направлением на сегодняшний день является получение кормовых концентратов, содержащих лизин, которые незаменимы для роста, продуктивности и здоровья скота и птицы. Проведено исследование по получению лизинсодержащего концентрата кормового назначения с использованием бактерии *Bacillus subtilis*, которая способна аккумулировать лизин в форме субтилина, включающего 32 аминокислоты. Бактерии *Bacillus subtilis* обладают высокой скоростью роста и хорошо изученной способностью к секреции белка. Они характеризуются ферментативными свойствами и отсутствием токсичных побочных продуктов, что делает их незаменимыми для промышленного использования. Для получения лизинсодержащего препарата был использован штамм *Bacillus subtilis* В-4828. Для оптимизации условий получения лизинсодержащего концентрата использовался метод Бокса-Уилсона, который включал полный факторный эксперимент с варьированием факторов по определению состава питательной среды. Установлено, что для приготовления оригинальной питательной среды необходимо смешать фильтрат культуральной жидкости *Corynebacterium glutamicum* В-1085 после ферментации, которая содержит в среднем 11,9 г/л лизина, с концентратом ферментолизата злаковых культур до уровня редуцирующих веществ 50 г/л, а также добавить пептон в количестве 9,11 г/л. Готовый лизинсодержащий концентрат получают путем инактивации биомассы *B. subtilis* В-4828 с использованием температурного фактора. Затем к нему добавляют непрогидролизованный отход ферментативного гидролиза, тщательно перемешивают и гранулируют. Максимальная концентрация лизина в таком концентрате составляет 104,47 мг/г.

Ключевые слова: L-лизин, *Bacillus subtilis,* лизинсодержащий концентрат, субтилин, полный факторный эксперимент, питательная среда

Annotation. Feed preparations containing lysine are produced by deep fermentation using microorganisms of the genus Bacillus. These microorganisms have high enzymatic activity and are cultivated on nutrient media containing monosaccharides. The end product of fermentation is lysine. L-lysine is one of the most important essential amino acids found in animal feed. A promising direction today is the production of feed concentrates containing lysine, which are indispensable for the growth, productivity and health of livestock and poultry. A study was conducted on the production of lysine-containing concentrate for feed purposes using the bacterium *Bacillus subtilis*, which is capable of accumulating lysine in the form of a subtilin, including 32 amino acids. The bacteria *Bacillus subtilis* have a high growth rate and a well-studied ability to secrete protein. They are characterized by enzymatic properties and the absence of toxic by-products, which makes them indispensable for industrial use. The strain *Bacillus subtilis* B-4828 was used to obtain the lysine-containing drug. To optimize the conditions for obtaining lysine-containing concentrate, the method was used Box-Wilson, which included a complete factor experiment with varying factors to determine the composition of the nutrient medium. It was found that to prepare the original nutrient medium, it is necessary to mix the filtrate of the culture liquid *Corynebacterium glutamicum* B-1085 after fermentation, which contains an average of 11.9 g/l of lysine, with the concentrate of fermentolysate of cereals to the level of reducing substances 50 g /l, and also add peptone in the amount of 9.11 g/l. The finished lysine-containing concentrate is obtained by inactivation of biomass *Bacillus subtilis* B-4828 using the temperature factor. Then the non-hydrolyzed waste of enzymatic hydrolysis is added to it, thoroughly mixed and granulated. The maximum concentration of lysine in this concentrate is 104.47 mg/g.

Keywords: L-lysine, *Bacillus subtilis*, lysine-containing concentrate, subtilin, complete factor experiment, nutrient medium

Введение. В современной практике производства кормовых препаратов, содержащих лизин, применяется метод глубинной ферментации. Для ферментационных процессов применяются микроорганизмы, принадлежащие к родам *Corynebacterium*, *Brevibacterium* и *Bacillus*. Эти микроорганизмы демонстрируют высокую ферментативную активность, что делает их перспективными для использования в различных биотехнологических приложениях. Культивирование данных бактерий происходит в питательных средах, основанных на моносахарах. После завершения ферментативного процесса лизин проходит через серию этапов очистки и сушки. Конечным продуктом является, например, L-лизина сульфат, широко используемый в качестве кормовой добавки [10].

Производство аминокислот представляет собой одно из наиболее актуальных направлений современной биотехнологии. Эта сфера является значимой, поскольку незаменимые аминокислоты необходимы для нормального роста и развития организма, который не способен синтезировать их самостоятельно. В связи с этим они классифицируются как незаменимые и должны регулярно поступать в организм с пищей. При отсутствии даже одной из незаменимых аминокислот организм не может производить достаточно белка для сохранения своих тканей [9].

Аминокислоты играют ключевую роль в улучшении качества белков растительного происхождения в кормах для животных. Их добавление позволяет повысить питательную ценность белков до уровня, сопоставимого с высококачественными белками животного происхождения. Это изменение аминокислотного состава рационов не только существенно снижает затраты на корма (экономия составляет 20-25%), но и значительно повышает продуктивность животноводства [2].

Влияние незаменимых аминокислот, включая L-лизин, обусловлено тем, что белки зерновых, являющиеся основой кормов для сельскохозяйственных животных и птиц, имеют неблагоприятный аминокислотный состав. В частности, L-лизин находится в дефиците и не синтезируется в организме животных. Для устранения этого дефицита в рацион добавляются белковые добавки, богатые L-лизином, такие как рыбная и мясокостная мука, соевый и подсолнечниковый шрот, а также гидролизные и кормовые дрожжи. Также дефицит можно компенсировать путём введения в корм кристаллического L-лизина [9].

Кормовой концентрат лизина, являющийся перспективным препаратом микробиологического происхождения, представляет собой важный элемент в экономической и биологической сферах. Этот препарат, помимо основного действующего вещества, включает в себя целый комплекс биологически активных соединений. Исследования показали, что концентратная форма лизина благодаря этим дополнительным компонентам демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с кристаллической формой [7].

Применение кормовой смеси, обогащённой лизином, обеспечивает её безопасность для животных. Лизин способствует укреплению иммунной системы у крупного рогатого скота и птицы, а также стимулирует синтез ферментов и гормонов [8]. Препарат оптимизирует метаболизм азота и углеводов, что особенно заметно при активном росте молодняка. Лизин оказывает положительное воздействие на состояние перьевого покрова у птиц.

Таким образом, исходя из вышесказанного, целью данной работы являлось получение лизинсодержащего концентрата кормового назначения при использовании *Bacillus subtilis*, который способен аккумулировать в своей биомассе лизин в форме субтилина, содержащего 32 аминокислоты. Бактерии *Bacillus subtilis,* характеризуются высокой скоростью роста, у них хорошо изучена способность к секреции белка, они отличаются ферментативными свойствами и отсутствием токсичных побочных продуктов, что делает их незаменимыми для промышленного применения. Ряд штаммов *Bacillus subtilis* используют для получения фармацевтических препаратов и пищевых добавок.

Объекты и методы исследования.

Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, в ЦКП «Орловский региональный центр сельскохозяйственной биотехнологии» ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, в лаборатории аналитических и регистрационных испытаний ФИЦ «Немчиновка».

Для получения лизинсодержащего препарата был использован штамм *Bacillus subtilis* В-4828. Данный штамм проявил наибольшую способность к аккумуляции лизина в своей биомассе при культивировании на оригинальной питательной среде, что составило 66±3,3 мг/г [4,5].

Питательную среду для *B. subtilis* В-4828 готовили на обогащенной лизином основе из культуральной жидкости от культивирования *Corynebacterium glutamicum* В-1085, содержащей в среднем 11,9 г/л лизина [3]. Культуральную жидкость отделяли от биомассы *C. glutamicum* В-1085 сепарированием и определяли концентрацию редуцирующих веществ [1] и общего азота [6].

На основании полученных результатов, концентрации компонентов доводили до значений, согласно матрицы, планирования эксперимента по плану $N=2^k$, где факторы варьирования: пептон, г/л (X_1); редуцирующие вещества, г/л (X_2); параметр оптимизации y – концентрация лизина в биомассе, мг/г. Состав питательной среды оптимизировали методом Бокса-Уилсона. В таблице 1 представлено распределение уровней факторов в ходе эксперимента.

Таблица 1. - Распределение уровней факторов эксперимента

Уровень	Фактор	
	X_1	X_2
$x_i°$	15	27
Δx_i	5	7,5
x_i^{min}	10	19,5
x_i^{max}	15	34,5

Инокулят *B. subtilis* В-4828 готовили из суточной агаровой культуры, которую пересевали в колбы Эр-

ленмейера с жидкой питательной средой «L» без углеводов, и инкубировали на шутль-аппарате при 28°С. На поздней логарифмической стадии роста бактериальную суспензию инокулировали в объеме 0,5% (v/v) объёма питательной среды для культивирования *B. subtilis* B-4828. В ходе культивирования в биореакторе Minifors (Infors, Швейцария) контролировали и поддерживали на заданном уровне температуру +28±0,5°С, *p*H 7,0±0,2 и pO_2 ≥20±0,5%, частота вращений мешалки 200 мин$^{-1}$. Корректировка текущих параметров производилась программным обеспечением IRIS 2.0 автоматически.

Определение содержания лизина в биомассе осуществлялось в соответствии с ГОСТ 13496.21-2015 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения лизина и триптофана».

Экспериментальные исследования проводились в трехкратной повторности и включали три серии. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2003. Данные в таблицах представлены в виде среднего значения ± стандартное отклонение.

Результаты исследований и их обсуждение.

При реализации полного факторного эксперимента по определению состава питательной среды для глубинного культивирования *B. subtilis* B-4828 была установлена прямая зависимость концентрации лизина и биомассы продуцента при $r = 0,94$ (см. рис. 1).

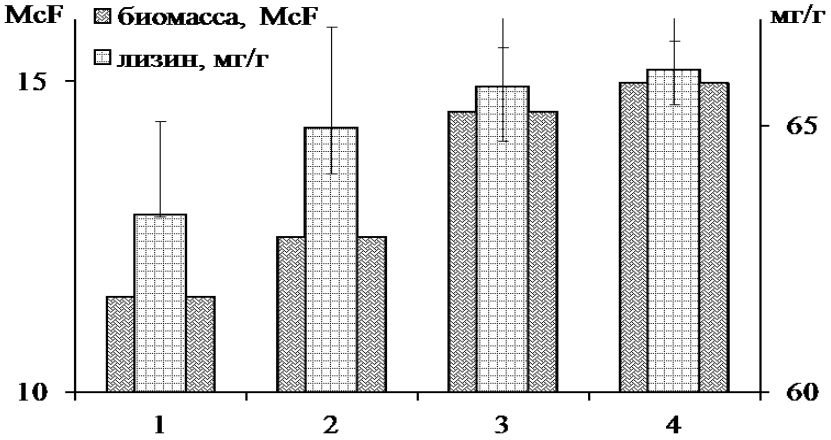


Рис.1 - Прирост биомассы *B. subtilis* B-4828 и концентрация лизина в постановках ПФЭ

Данное обстоятельство указывает на то, что при культивировании *B. subtilis* B-4828 на оригинальной питательной сахаросодержащей среде целесообразно ограничить культивирование продуцента истощением субстрата, т.е. через 36 часов от инокуляции необходимо завершить процесс накопления лизина.

Результаты определения концентрации лизина в биомассе продуцента воспроизводимы, так как критерий Кохрена: $^{p}G = 0,44$ меньше $^{т}G_{0,95;4;9} = 0,5$. Рассчитаны коэффициенты регрессионного уравнения, отличие от нуля которых проверяли по критерию Стьюдента: $t_{0,95;32} = 2,04$. При подстановке числовых выражений значимых коэффициентов математическая модель приобрела вид:

$$y = 65,03 - 0,49X_1 + 0,87X_2 - 0,87X_1X_2.$$

Модель адекватно описывает изучаемый процесс и может быть использована в процедуре оптимизации условий получения лизинсодержащего концентрата, что подтверждается значением критерия Фишера: $^{p}F = 0,53$ меньше $^{т}F_{0,95;2;32} = 3,29$. Параметры оптимизации представлены в таблице 2.

На четвёртом раунде получены результаты, позволяющие остановить процедуру (см. рис. 3).

Таблица 2 - Оптимизация состава питательной среды для получения лизинсодержащего концентрата

Параметры		факторы	
		X_1	X_2
Расчётный интервал, λ_i		-2,45	6,525
Расчётный интервал округлённый, $^{\circ}\lambda_i$		2,5	6,5
Пропорциональность, θ		0,38	1
Шаг по градиенту, δx_i		-1,96	7,47
Эксперимент	оптимизация №1	13,04	34,47
	оптимизация №2	11,08	41,94
	оптимизация №3	9,11	49,41
	оптимизация №4	7,15	56,89

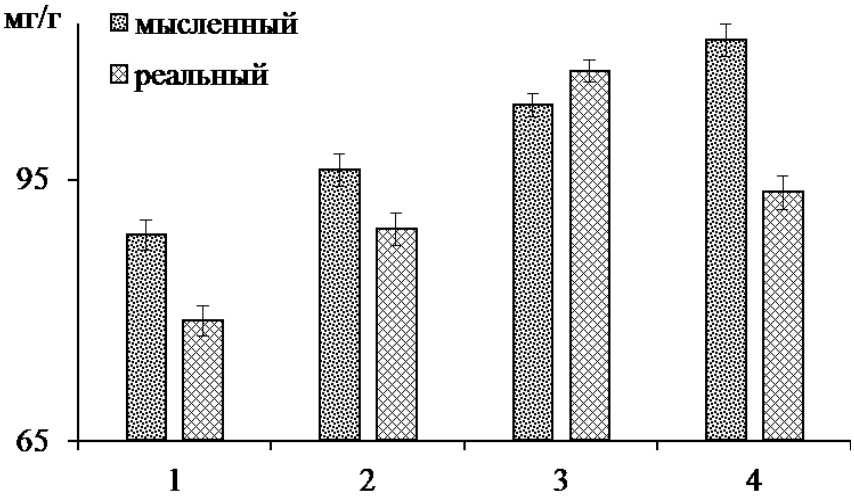


Рис. 3 - Концентрация лизина в биомассе *B. subtilis* В-4828

Оптимизация признаётся эффективной, так как при реализации активного эксперимента было достигнуто максимальное значение концентрации лизина в биомассе *B. subtilis* В-4828 и составило 104,47 мг/г, которое превысило спрогнозированное значение на 3,78%. Концентрация лизина в культуральной жидкости вышла за предел количественного определения, что свидетельствует о полноте его извлечения.

Завершив культивирование бактериальную суспензию – лизинсодержащий концентрат инактивируют нагреванием до 45-50 °С и направляют в производство готового продукта – гранул кормового назначения.

Выводы. В данной работе были оптимизированы условия получения лизинсодержащего концентрата кормового назначения на обогащенной лизином основе. Для приготовления оригинальной питательной среды необходимо соединить фильтрат культуральной жидкости *Corynebacterium glutamicum* В-1085, содержащий в среднем 11,9 г/л лизина; концентрат ферментолизата злаковых культур до концентрации редуцирующих веществ 50 г/л; пептон – 9,11 г/л. Готовую форму лизинсодержащего концентрата получают путем инактивации биомассы *B. subtilis* В-4828 температурным фактором, к нему необходимо добавить непрогидролизованный отход от ферментативного гидролиза, перемешать и гранулировать. Максимальное значение концентрации лизина в концентрате, содержащем лизин, составляет 104,47 мг/г.

Заключение

Незаменимые аминокислоты должны присутствовать в рационе животных и птиц с первых дней жизни. Сбалансированное кормление – основа качества сельскохозяйственной продукции. Применение аминокислотных рационов в питании сельскохозяйственных животных и птицы позволит увеличить питательную ценность рациона с минимальными финансовыми и временными затратами.

Лизинсодержащие концентраты в питании животных представляют собой кормовые добавки, которые незаменимы для роста, продуктивности и здоровья скота и птицы. Они улучшают привесы, удои молока, яйценоскость, а также укрепляют иммунитет, способствуют синтезу мышечной ткани, гормонов и антител. Эти концентраты используются для балансирования рационов, особенно когда содержание лизина в натуральных кормах недостаточно. Позволяют более точно регулировать содержание аминокислот в рационе, что особенно важно для молодняка.

Литература

1. ***Вешняков В.А.*** Сравнение методов определения редуцирующих веществ: метод Бертрана, эбулиостатический и фотометрический методы / В.А. Вешняков, Ю.Г. Хабаров, Н.Д. Камакина // Химия растительного сырья. 2008. №4. С.47-50.
2. ***Зимина М.И.*** Особенности получения кормовых аминокислот при культивировании коринебактерий на соевой мелассе / М.И. Зимина, С.Ю. Носкова, Е.В. Ульрих [и др.] // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные и медицинские науки. 2022. №3. С. 68-92. doi: 10.5922/gikbfu-2022-3-5
3. ***Гнеушева И.А.*** Условия ферментативного гидролиза растительного сырья, предобработанного ультразвуком, в технологии кормового белка / И.А. Гнеушева, И.В. Горькова, А.В. Лушников [и др.] // Биология в сельском хозяйстве. 2025. № 2(47). С. 32-36.
4. ***Гнеушева И.А.*** Исследование кинетики и оптимизация условий ферментолиза соломы злаковых культур целевой композицией ферментов / И.А. Гнеушева, И.В. Горькова, И.Ю. Солохина // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2025. Т. 21. № 2. С. 15-24.

5. ***Гнеушева И.А.*** Оптимизация состава природных сахаросодержащих сред для биосинтеза лизина микробными продуцентами / И.А. Гнеушева, А.В. Лушников, И.Ю. Солохина, Н.В. Ермакова, М.В. Воронкова // Биология в сельском хозяйстве. 2025. №12.
6. ***ГОСТ Р*** 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Методы анализа: Сб. ГОСТов. Введ. 1995-01-01. М.: Стандартинформ, 2011. 34 с.
7. ***Иванникова Е.А.*** Экономическая обоснованность производства кормового лизина на предприятиях сахарной промышленности // Теория и практика современной науки. 2017. №7 (25). С.57-61.
8. ***Клименко Н.С.*** Перспективы получения кормовых добавок на основе незаменимых аминокислот / Н.С. Клименко, С.И. Артюхова // ОмГТУ. 2012. №5. С.125-127.
9. ***Минникова А.В.*** Перспективы получения лизина с использованием биотехнологии /А.В. Минникова // ОмГТУ. 2012. №5.
10. ***Рядчиков В.Г.*** Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных/ В.Г. Рядчиков// Изд-во Лань, Санкт-Петербург. - 2015. 632 с.

Поступила в редакцию: 10.02.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Гнеушева И. А., ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кафедра Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, доцент, кандидат технических наук, Россия, г. Орел, e-mail: obc1-2010@mail.ru; **Горькова И.В**., ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кафедра Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, профессор, доктор технических наук; **Лушников А.В**., ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кафедра Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, кандидат технических наук, ассистент; **Солохина И. Ю.**, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кафедра Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской, доцент, кандидат биологических наук; **Ярославкина Н.Ю**., ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кафедра Биотехнологии имени профессора Н.Е. Павловской, ассистент.

УДК 619:616.34-008.87:636.52/.58

Ярош Я.Е., аспирант
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия, e-mail: kristina-isaeva-02@bk.ru
Yarosh Ya.E., second-year graduate student
Vavilov University of Genetics, Biotechnology and Engineering, Saratov, Russia

ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВОЗРАСТА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ДИСБИОЗА КИШЕЧНИКА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ (ПО ДАННЫМ КОПРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА)

(Veterinary-sanitary substantiation of the optimal age for correction of intestinal dysbiosis in broiler chickens according to coprological monitoring)

Аннотация. В статье представлены результаты копрологического мониторинга цыплят-бройлеров кросса КОББ 500 (n=25) в возрасте 7, 21 и 35 дней с целью обоснования ранних ветеринарно-санитарных мероприятий. Микроскопия помета выявила у 100% птицы признаки субклинического дисбиоза (соотношение палочковой и кокковой микрофлоры 35/65 – 40/60, наличие слизи ++), сохраняющиеся без положительной динамики до конца откорма. Установлено, что отсутствие коррекции микробиоценоза в первые две недели жизни создает предпосылки для повышенной микробной контаминации тушек и снижения санитарного качества мяса. Предложен алгоритм предубойного ветеринарно-санитарного контроля, включающий копрологический скрининг в 7–14-дневном возрасте для выбора оптимального типа санирующей добавки (органические кислоты, пробиотики, хелатные микроэлементы) и своевременной профилактики контаминации продукции. Реализация алгоритма позволяет минимизировать риски, связанные с микрофлорой кишечника, и повысить безопасность мяса бройлеров.

Ключевые слова: ветеринарно-санитарный контроль, цыплята-бройлеры, копрологический мониторинг, дисбиоз кишечника, микроскопия помета, санитарное качество мяса, микробная контаминация, предубойная диагностика.

Abstract. The article presents the results of coprological monitoring of Cobb 500 broiler chickens (n=25) at the age of 7, 21 and 35 days aimed at substantiating early veterinary and sanitary measures. Microscopy of litter revealed signs of subclinical dysbiosis in 100% of birds (rod-to-cocci ratio 35/65 – 40/60, mucus ++) persisting without positive dynamics until the end of fattening. It was found that the lack of microbiocenosis correction during the first two weeks of life creates prerequisites for increased microbial contamination of carcasses and decreased sanitary quality of meat. An algorithm for pre-slaughter veterinary and sanitary control is proposed, including coprological screening at 7–14 days of age to select the optimal type of sanitizing additive (organic acids, probiotics, chelated trace elements) and timely prevention of product contamination. The implementation of the algorithm minimizes risks associated with intestinal microflora and improves the safety of broiler meat.

Keywords: veterinary-sanitary control, broiler chickens, coprological monitoring, intestinal dysbiosis, litter microscopy, sanitary meat quality, microbial contamination, pre-slaughter diagnostics.

Введение. Обеспечение санитарной безопасности мяса птицы является приоритетной задачей ветеринарной службы предприятий [1, 2]. Одним из основных источников микробного загрязнения тушек выступает кишечная микрофлора птицы, которая при нарушении барьерной функции желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) может проникать в мышечную ткань и на поверхность тушки в процессе переработки [3, 4]. Субклинический дисбиоз кишечника, характеризующийся инверсией нормального соотношения палочковой и кокковой микрофлоры и избыточным образованием слизи, регистрируется у значительной части бройлеров уже на первой неделе жизни [5, 6]. Данное состояние, не проявляясь клинически, создает постоянный очаг воспаления и повышает риски эндогенной контаминации продукции. Согласно требованиям ТР ТС 021/2011 и ТР ЕАЭС 051/2021, микробиологические показатели мяса птицы должны строго контролироваться [7, 8]. Однако существующая система послеубойного контроля фиксирует уже состоявшееся нарушение, не позволяя предотвратить его на предубойном этапе.

Цель исследований. На основе анализа динамики копрологических показателей у цыплят-бройлеров в возрасте 7, 21 и 35 дней ветеринарно-санитарно обосновать оптимальный возраст для коррекции дисбиоза и разработать алгоритм предупредительных мероприятий, направленных на снижение микробной контаминации мяса.

Условия, материалы и методы. Работа выполнена в условиях лаборатории кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза» ФГБОУ ВО Вавиловский университет. Объектом служили клинически здоровые цыплята-бройлеры кросса «КОББ 500» (n=25), содержавшиеся на стандартном рационе без применения кормовых добавок, влияющих на микрофлору. Условия содержания соответствовали нормам промышленного птицеводства. Отбор проб помета проводили индивидуально от 25 голов в возрасте 7, 21 и 35 дней. Готовили нативные и окрашенные по Граму мазки. Просмотр осуществляли под микроскопом «AmScope» (×100, ×400, ×1000). Оценивали: соотношение палочковой и кокковой микрофлоры (подсчет 100 бактериальных клеток); наличие и количество слизи по полуколичественной шкале (0 – не обнаружено, ед. – 1–5 объектов, + – 6–15, ++ – 16–25, +++ – более 25 в поле зрения); наличие эпителия, лейкоцитов, непереваренной клетчатки, йодофильной флоры, простейших, грибков. Сравнение возрастных групп проводили по критерию Стью-

дента при p<0,05. Качественные показатели представлены как наиболее часто встречающийся балл.

Результаты и обсуждение. Результаты копрологического исследования показали, что уже в 7-суточном возрасте у цыплят-бройлеров выявляются признаки субклинического дисбиоза кишечника. Во все сроки наблюдения отмечалось преобладание кокковой микрофлоры над палочковой, наличие умеренного количества слизи и отдельных признаков неполного переваривания корма. Выраженной тенденции к нормализации к 21 и 35 суткам не наблюдалось. Результаты микроскопии помета приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Копрологические показатели цыплят-бройлеров в возрасте 7, 21 и 35 дней (n=25, M±m или преобладающий балл)

Показатель	7 суток	21 сутки	35 суток
Палочковая флора, %	35	38	40
Кокковая флора, %	65	62	60
Слизь	++	++	++
Непереваренная клетчатка	+	+	+
Эпителий кишечника	ед.	ед.	ед.
Лейкоциты	не обн.	не обн.	не обн.
Йодофильная флора	не обн.	не обн.	не обн.
Простейшие, грибки	не обн.	не обн.	не обн.

Выявленная картина (соотношение палочки/кокки <50/50, наличие слизи ++) соответствует субклиническому дисбиозу с элементами катарального воспаления – состоянию, при котором барьерная функция кишечника ослаблена, что в 42-дневном возрасте (при убое) повышает риск транслокации условно-патогенных микроорганизмов на поверхность тушки. Поскольку динамики к самонормализации не происходит, без вмешательства птица поступает на убой с исходно высокими санитарными рисками. Наиболее выраженные дисбиотические признаки регистрировались в 7-суточном возрасте, что позволяет рассматривать именно этот период как ключевое «терапевтическое окно» для начала коррекции микробиоценоза. К 21 и 35 суткам сохранялись те же морфологические признаки, что подтверждает отсутствие самопроизвольной нормализации кишечной микрофлоры в условиях стандартного кормления без применения специальных добавок.

Выводы. Проведенные исследования позволяют заключить, что у цыплят-бройлеров кросса «КОББ 500» субклинический дисбиоз кишечника, характеризующийся инверсией соотношения палочковой и кокковой микрофлоры (35/65 – 40/60) и наличием слизистого экссудата (++), формируется к 7-суточному возрасту и стабильно сохраняется до 35 дней жизни без тенденции к самонормализации. Наиболее благоприятным периодом для целенаправленной коррекции микробиоценоза является возраст 7–14 дней, когда кишечная микробная экосистема сохраняет высокую пластичность. Микроскопия помета обладает высокой практической значимостью как метод прижизненной экспресс-диагностики, позволяющий выявлять группы риска, дифференцировать характер дисбиотических нарушений и оперативно оценивать эффективность санации. Внедрение предлагаемого алгоритма в систему биобезопасности птицеводческого предприятия способствует снижению микробной контаминации тушек и повышению стабильности санитарного качества мяса.

Благодарности. Авторы выражают благодарность сотрудникам кафедры «Болезни животных и ветеринарно-санитарная экспертиза» Вавиловского университета за помощь в проведении копрологических исследований.

Литература

1. ***Иванов И.П.*** Ветеринарно-санитарный контроль мяса птицы. М.: Агропромиздат, 2015. 256 с.
2. ***Петров А.В.*** Копрологический мониторинг в ветеринарии. СПб.: Наука, 2018. 198 с.
3. ***Сидоров В.Н.*** Микробиология пищевых продуктов животного происхождения. М.: Колос, 2017. 312 с.
4. ***Кузнецова Е.М.*** Дисбиоз кишечника у птицы: диагностика и профилактика. Новосибирск: Наука, 2019. 144 с.
5. ***Федоров С.А.*** Ветеринарная микробиология. М.: Медицина, 2016. 280 с.
6. ***Николаев Д.В.*** Санитарное качество мяса бройлеров. Казань: Казанский университет, 2020. 220 с.
7. ***Орлов П.И.*** Пробиотики и органические кислоты в кормлении птицы. Екатеринбург: УрФУ, 2021. 176 с.
8. ***Васильева Н.Л.*** Методы предубойного контроля здоровья птицы. М.: Ветеринария, 2019. 200 с.
9. ***Григорьев Ю.К.*** Микроскопия в ветеринарной диагностике. СПб.: Питер, 2018. 160 с.
10. ***Захаров М.В.*** Ветеринарно-санитарные мероприятия на птицефабриках. М.: Колос, 2022. 240 с.

Поступила в редакцию: 10.02.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Я.Е. Ярош, аспирант 2 года обучения ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», г. Саратов, Россия, e-mail: kristina-isaeva-02@bk.ru

УДК 636.082

Кибкало Л.И., доктор с.-х наук, профессор,
kibkaloli2009@rambler.ru,
Бледнова Е.М., аспирант
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова", г. Курск, Россия
Kibkalo L.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, kibkaloli2009@rambler.ru,
Blednova E.M., Postgraduate Student
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov", Kursk, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОМЕРОВ ВЫМЕНИ И СОСКОВ У КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

(Investigation of udder and nipple measurements in Holstein cows)

Аннотация. Исследовали промеры вымени голштинских коров разных линий. Установлено, что обхват вымени больше на 2 см у коров линии Рефлекшн Соверинг 198998 в сравнении с животными линий Монтвик Чифтейн 95679 и на 1 см, чем у коров линии Вис Бэк Айдиал 1013415. У них также показатели выше промеров ширины и длины вымни, больше глубина вымени. Все показатели по промерам сосков выше у коров линии Рефлекшн Соверинг. Передние соски у всех животных длиннее задних в среднем на 0,4-1,1 см. Их длина 7,0-7,2 см., задних – 5,9-6,8 см. Диаметр сосков 2,3-2,5 см. Наиболее желательны соски цилиндрической или несколько конической формы.

Ключевые слова: коровы голштинской породы, линии, промеры вымени, промеры сосков.

Annotation. Udder measurements of Holstein cows of different lines were studied. It was found that the udder circumference is 2 cm higher in cows of the Reflection Sovereign 198998 line compared to animals of the Montwick Chieftain 95679 line and 1 cm higher than in cows of the Vis Back Ideal 1013415 line. They also have higher measurements of the width and length of the udder, and a greater depth of the udder. All nipple measurements are higher in cows of the Reflection Sovereign line. The front nipples of all animals are longer than the rear ones by an average of 0.4-1.1 cm. Their length is 7.0-7.2 cm, rear – 5.9-6.8 cm. The nipple diameter is 2.3-2.5 cm. Cylindrical or somewhat conical nipples are most desirable.

Keywords: Holstein cows, lines, udder measurements, nipple measurements.

Введение. Для определения продуктивности у молочного скота важное значение имеет экстерьер. В тоже время молочная продуктивность животных определяется прежде всего непосредственным учётом фактического удоя молока. Молочный скот характеризуется хорошим развитием пищеварительной системы, так как животным требуется много корма для производства большого количества молока. Соответственно, у этого скота хорошо развита молочная железа, которая является главным признаком молочности [1, 2, 3, 6, 7, 8].

У высокопродуктивных коров вымя большое с равномерно развитыми долями и большой площадью прикрепления к брюху. Наличие тонкой, эластичной кожи также является положительным признаком.

Многими исследованиями установлено, что в большинстве случаев соски вымени имеют цилиндрическую и коническую форму. По размерам соски коров бывают длинные (10-12 см.), средние (6-8 см.) и короткие (3-4 см.). У более высокопродуктивных коров соски всегда более развиты, чем у малопродуктивных [4, 5].

Величина, форма и расположение сосков имеют большое значение при машинном доении. В связи с этим нежелательны слишком толстые и короткие соски. Желательная их длина 6-8 см.

Цель – исследование промеров вымени и сосков у коров голштинской породы разных линий в условиях промышленной технологии.

Материал и методика исследования. Исследования проведены в условиях крупного молочного комплекса на коровах голштинской породы, принадлежащих к разным линиям. В первой группе были животные линии Монтвик Чифтейн 95679, во второй – Вис Бэк Айдиал 1013415, в третьей – Рефлекшн Соверинг 198998. Для изучения вымени использовали циркуль, измерительную линейку и штангенциркуль. При изучении промеров вымени учитывали ширину, длину, обхват, глубину. Проводили промеры сосков вымени: длину передних, длину задних, расстояние между передними и задними сосками, диаметр сосков.

При проведении исследований использовали общепринятые в зоотехнии методики.

Результаты исследований. Кроме изучения экстерьера животных и измерения их туловища, важное значение имеет оценка вымени у коров, которую мы проводили как глазомерно, так и путём взятия промеров. Оценку вымени мы проводили за 1-1,5 часа до доения. Форму вымени проводили по его длине, ширине и глубине.

Для взятия промеров вымени использовали циркуль, измерительную линейку и штангенциркуль.

Многие исследователи считают, что промеры вымени в определённой степени связаны с удоем коров и в связи с этим с пригодностью животных к механическому доению.

Величина, форма, промеры вымени изменяются в зависимости от индивидуальных и природных особенностей коровы, её принадлежности к генеалогической линии. Кроме того, влияние на форму вымени

могут оказывать сезон года, возраст животного, физиологическое состояние.

Вместе с тем, величина одноименных промеров вымени в разные месяцы лактации изменяется незначительно.

Полученные нами материалы по промерам вымени коров разных генеалогических линий показаны на рисунке 1.

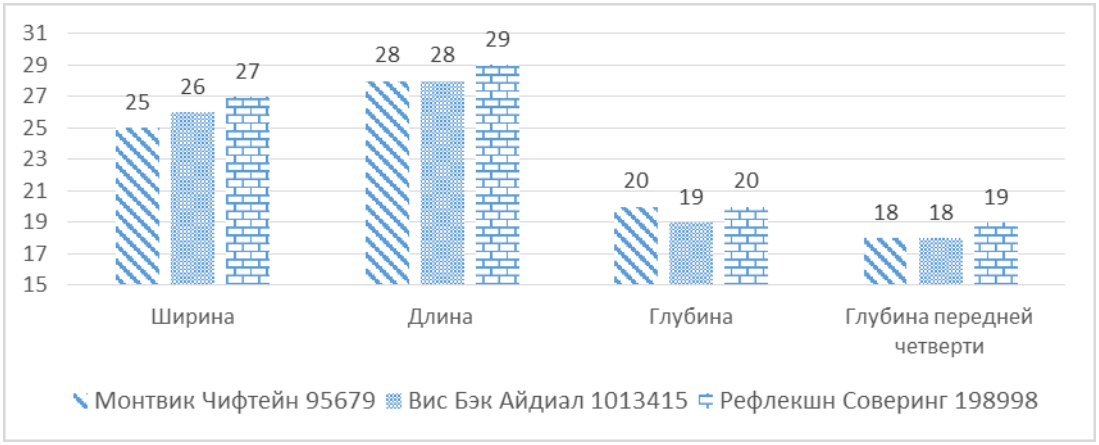


Рис. 1 - Промеры вымени голштинских коров

Многие исследователи (М.Г. Спивак, Л.К. Эрнст, С.Ф. Погодаев, Ф.Л. Гарькавый, М.И. Моноенков, Б.С. Москаленко – (цит. по [5]) утверждают, что промеры вымени коров значительно изменяются в ходе лактации. Например, к концу лактации обхват вымени уменьшается на 27-35 %, длина – на 24-26 %, ширина – на 27-31 %, глубина передних долей – на 26-27 %.

Полученные нами данные совпадают с данными, приведенными И.И. Черкащенко, М.Г. Спиваком [5].

В полученных нами исследованиях глубина вымени коров линии Рефлекшн Соверинг больше на 1 см, чем у коров линии Вис Бэк Айдиал, глубина передней четверти на 1 см больше, чем у животных двух других линий.

В результате проведенных исследований и полученных материалов можно констатировать, что молочная продуктивность коров и промеры вымени связаны между собой и имеют прямое отношение к принадлежности животных к разным генеалогическим линиям.

В ходе исследования мы проводили промеры сосков и полученные данные представлены на рисунке 2.

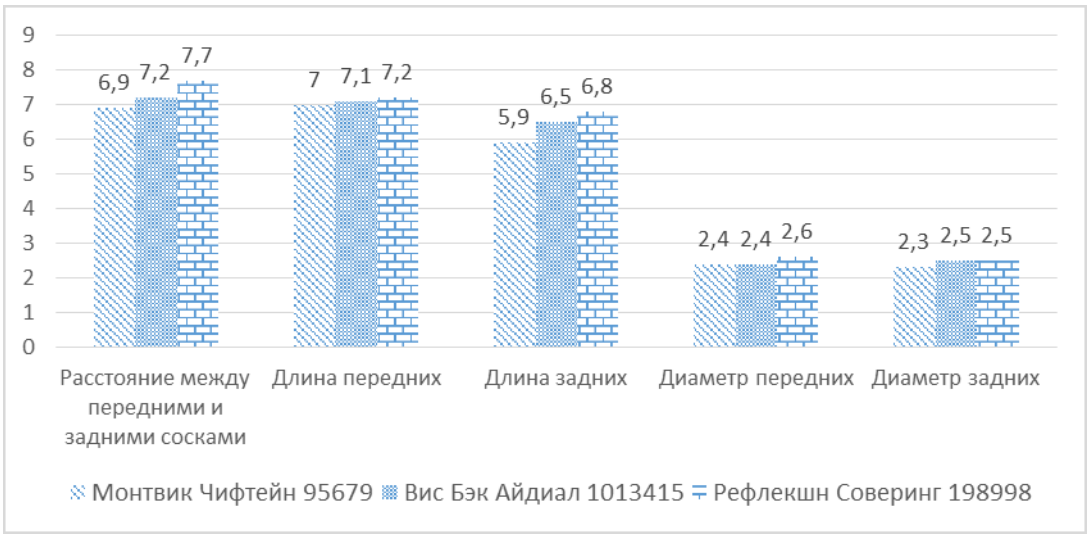


Рис. 2 - Промеры сосков коров разных линий

Рассматривая данные рисунка 2, видим, что практически все показатели выше у коров линии Рефлекшн Соверинг. Передние соски у всех животных длиннее задних в среднем на 0,4-1,1 см. Их длина 7,0-7,2 см, задних – 5,9-6,8 см. Диаметр сосков 2,3-2,5 см. Нежелательны соски слишком толстые (диаметр более 3,3 см), длинные (более 9 см).

Наиболее желательны соски цилиндрической или несколько конической формы. Вместе с тем, если соски очень сближены, то в этом случае затрудняется надевание стаканов. Нормальным считается расстояние между передними и задними сосками 8-10 см.

Важное значение имеет высота вымени над землёй (измеряется лентой от середины нижней части

вымени до земли). Этот показатель зависит от породы животных. Он колеблется от 57 до 64 см и больше.

В наших исследованиях у коров всех генеалогических линий этот показатель равен 55-56 см.

В заключение следует сказать, что, наряду с оценкой по морфологическим признакам вымени, необходимо оценивать коров и по функциональным его особенностям – продуктивности отдельных долей, продолжительности и полноте молоковыделения из каждой доли вымени.

Важное значение при этом имеет скорость молокоотдачи.

Выводы.

1. В результате проведённых исследований выявлено. что коровы голштинской породы разных линий имеют в основном чашеобразную и округлую форму вымени, равномерно развитые соски цилиндрической формы. Вымя приспособлено для машинного доения.

2. Наряду с оценкой по морфологическим признакам вымени необходимо оценивать коров и по функциональным его особенностям – продуктивности отдельных долей, продолжительности и полноте молоковыведения из каждой доли вымени.

Литература

1. ***Кибкало Л.И.*** Сравнительная характеристика продуктивных показателей коров симментальской породы // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. - №8. – С.171-174.
2. ***Кибкало Л.И.*** Улучшая качество молочного стада / Л.И. Кибкало. Н.А. Гончарова, Н.В. Сидорова, Е.М. Бледнова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. - №1. – С.172-177.
3. ***Дунин И.М.*** Молочная продуктивность коров и факторы ее обуславливающие / И.М. Дунин, К.К. Аджибеков, А.Г. Козанков и др. // Зоотехния. – 2022. - №11. – С.2-4.
4. ***Кибкало Л.И.*** Сравнительная оценка продуктивных и воспроизводительных качеств коров молочных пород, разводимых в условиях Центрального Черноземья / Л.И. Кибкало, С.П. Бугаев, Т.А. Болокина // Вестник Курской государственной академии. – 2025. - №9. – С.171-176.
5. ***Черкащенко И.И., Спивак М.Г.*** Функции вымени коров. М.: «Колос», 1979. – 173 с.
6. ***Шендаков А. И.*** Молочная продуктивность и селекционно-технологические качества палево-пестрого и красно-пестрого скота: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Шендаков Андрей Игоревич. – Орел, 2004. – 155 с. – EDN NMSERP.
7. ***Шендаков А. И.*** Продуктивные признаки дочерей быков-производителей голштинской породы, используемых в орловской популяции молочного скота / А. И. Шендаков // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 4(91). – С. 92-97. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2021.4.92. – EDN FKLMYF.
8. ***Шендаков А. И.*** Взаимосвязь интенсивности роста с молочной продуктивностью у первотелок голштинской породы / А. И. Шендаков, Т. А. Шендакова // Молочное и мясное скотоводство. – 2025. – № 1. – С. 35-40.

Поступила в редакцию: 11.03.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Кибкало Л.И., доктор с.-х наук, профессор, kibkaloli2009@rambler.ru, **Бледнова Е.М.,** аспирант, кафедра частной зоотехнии, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова" (Курский ГАУ), г. Курск, Россия

УДК: 636.2:577.1

Абдурасулов А.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ветеринарной медицины и биотехнологии Ошского государственного университета, e-mail: Abdurasul65@mail.ru
г. Ош, Кыргызская Республика
Керималиев Ж.К., первый заместитель министра ВПСХиПП КР, д.в.н., профессор
г. Ош, Кыргызская Республика
Кубанычбек К. Ч., заведующий отделом биотехнологии Кыргызского НИИ животноводство и пастбищ
г. Ош, Кыргызская Республика
Abdurasulov A.Kh., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology, Osh State University, e-mail: Abdurasul65@mail.ru, Osh, Kyrgyz Republic
Kerimaliev Zh.K., First Deputy Minister of Water Resources, Agriculture and Processing Industry of the Kyrgyz Republic, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Osh, Kyrgyz Republic
Kubanychbek K.Ch., Head of the Department of Biotechnology, Kyrgyz Research Institute of Livestock and Pastures, Osh, Kyrgyz Republic

КАЧЕСТВО СЕМЕНИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ НА ЭЛЕВЕРЕ КыргНИИЖиП

(Quality of semen from breeding bulls kept at the elevator of Kyrgyz research institute of livestock and pastures)

Аннотация. В статье представлен анализ качества семени быков-производителей различных пород, содержащихся на элевере Кыргызского научно-исследовательского института животноводства и пастбищ (КырНИИЖИП). Проведено исследование 453 образцов семени, полученных от быков пород хану (200 образцов, 44%), джерси (120 образцов, 26,5%), голштин (109 образцов, 24%) и кыргызской породы (24 образца, 5,5%). Оценка репродуктивного материала включала определение объема эякулята, концентрации и подвижности сперматозоидов, их жизнеспособности и морфологической полноценности. Установлено, что средний объем эякулята варьировал от 3,4 до 8,25 мл, а качество свежего семени — от 3,67 до 7,26 балла. При этом у большинства быков показатели превышали 6,5 балла, что соответствует удовлетворительному уровню. Количество размороженных сперматозоидов колебалось от 0 до 3650, а средний показатель качества размороженного семени составил около 40–44%, что свидетельствует о сохранении функциональной активности сперматозоидов после криоконсервации. Выявлены как высокопродуктивные производители (Принц, Буран, Агат), так и особи с пониженными показателями (Корд), что указывает на выраженную индивидуальную вариабельность. Полученные результаты свидетельствуют о наличии породных различий и значительной индивидуальной изменчивости репродуктивных показателей. Подчеркивается необходимость системного контроля качества семени и проведения целенаправленной селекционной работы. Определены перспективные быки с высокими репродуктивными характеристиками, рекомендованные для использования в программах искусственного осеменения.

Ключевые слова: качество семени, быки-производители, крупный рогатый скот, искусственное осеменение, репродуктивные показатели, племенная работа.

Abstract. The article presents an analysis of semen quality in breeding bulls of different breeds kept at the Kyrgyz Research Institute of Animal Husbandry and Pastures (KyrSRIAHP). A total of 453 semen samples were studied, obtained from bulls of the Hanu breed (200 samples, 44%), Jersey (120 samples, 26.5%), Holstein (109 samples, 24%), and Kyrgyz native breed (24 samples, 5.5%). The evaluation of reproductive material included the assessment of ejaculate volume, sperm concentration and motility, viability, and morphological integrity. The average ejaculate volume ranged from 3.4 to 8.25 ml, while the quality of fresh semen varied from 3.67 to 7.26 points. In most bulls, the indicators exceeded 6.5 points, corresponding to a satisfactory level.

The number of thawed spermatozoa ranged from 0 to 3650, and the average quality of thawed semen was about 40–44%, indicating the preservation of functional activity of sperm after cryopreservation. Both highly productive bulls (Prince, Buran, Agat) and individuals with low показатели (Kord) were identified, indicating pronounced individual variability.

The results demonstrate the presence of breed differences and significant individual variability in reproductive traits. The study highlights the importance of systematic semen quality control and targeted breeding work. Promising bulls with high reproductive characteristics have been identified and recommended for use in artificial insemination programs.

Keywords. semen quality, breeding bulls, cattle, artificial insemination, reproductive traits, breeding work.

Введение. Современное животноводство является одним из ключевых секторов сельского хозяйства, обеспечивая продовольственную безопасность и способствуя устойчивому экономическому развитию многих стран [3, 8]. В условиях роста численности населения и увеличения спроса на продукцию животного

происхождения особую значимость приобретает повышение эффективности воспроизводства сельскохозяйственных животных, в частности крупного рогатого скота.

Эффективность воспроизводства во многом определяется качеством используемых репродуктивных ресурсов, прежде всего — генетическим потенциалом быков-производителей и характеристиками их семени [1, 2]. От уровня племенной ценности производителей зависит не только продуктивность потомства, но и скорость генетического прогресса в стаде. В этой связи особое значение приобретает объективная оценка репродуктивных показателей быков и контроль качества их семенной продукции.

Применение высококачественного генетического материала позволяет не только повышать продуктивность животных, но и существенно ускорять селекционный процесс, снижая затраты времени на формирование высокопродуктивных стад [5, 6, 9]. Искусственное осеменение стало основой реализации современных программ генетического улучшения, обеспечивая широкое использование лучших производителей и эффективное распространение ценных наследственных признаков. При этом качество семени быков выступает одним из важнейших факторов успешного воспроизводства, поскольку непосредственно отражает их репродуктивную способность и биологическую полноценность [4].

Качество семени оценивается по комплексу показателей, включая объем эякулята, концентрацию сперматозоидов, их подвижность, морфологическую полноценность и жизнеспособность [4, 7, 10]. Нарушение хотя бы одного из этих параметров может существенно снижать оплодотворяющую способность спермы, что в конечном итоге влияет на экономическую эффективность отрасли. В связи с этим особую актуальность приобретают исследования, направленные на выявление факторов, влияющих на качество спермы, включая породные особенности, условия содержания, кормления и эксплуатации быков-производителей.

В Кыргызской Республике развитию животноводства и повышению качества племенных ресурсов уделяется значительное внимание [5, 6]. Важную роль в данном направлении играет Кыргызский научно-исследовательский институт животноводства и пастбищ (КырНИИЖиП), где проводится систематический мониторинг и оценка репродуктивных показателей быков различных пород, содержащихся в специализированных условиях. Результаты таких исследований служат основой для разработки практических рекомендаций по улучшению селекционно-племенной работы в стране.

Особый научный и практический интерес представляют сравнительные исследования качества семени быков различных пород, таких как голштинская, джерсейская, кыргызская и местная порода хану. Эти породы отличаются как по уровню продуктивности, так и по адаптационным способностям к различным природно-климатическим условиям. Сравнительный анализ их репродуктивных показателей позволяет выявить породные особенности сперматогенеза, определить наиболее перспективных производителей и обосновать направления дальнейшего совершенствования селекционных программ [1, 7].

Таким образом, изучение качества семени быков различных пород и факторов, влияющих на него, является важной научной и практической задачей, направленной на повышение эффективности воспроизводства и развитие животноводства в целом.

Цель настоящего исследования — проведение анализа показателей качества семени быков-производителей различных пород, содержащихся на элевере КырНИИЖИП, с выявлением породных различий, влияющих на репродуктивную эффективность.

Материалы и методы исследований. Исследование проводилось на базе элевера Кыргызского научно-исследовательского института животноводства и пастбищ. Объектами исследования выступали быки четырех пород крупного рогатого скота.

Качество семени оценивалось по следующим параметрам, являющимся стандартными в репродуктивной биотехнологии крупного рогатого скота:

1. Объем эякулята (мл) — измерялся сразу после получения семени.

2. Концентрация сперматозоидов — определялась с помощью микроскопического подсчета или фотометрического анализа.

3. Подвижность сперматозоидов (%) — визуальная оценка под микроскопом при увеличении ×400.

Получение семени проводилось с использованием искусственной вагины, что обеспечивает стандартизированные условия забора материала. Анализ образцов производился в лабораторных условиях, с соблюдением протоколов хранения и подготовки.

Для статистической обработки применялись методы описательной статистики, сравнительного анализа между породами, а также фильтрации и очистки данных с использованием специализированных программных средств.

Результаты исследований. В ходе исследования было проанализировано 453 образца семени быков-производителей четырех пород, содержащихся на элевере КырНИИЖИП, включая породы хану, голштин, джерси и кыргызскую породу. Наибольшее количество образцов принадлежит быкам породы хану (200 образцов, 44% от выборки), далее следуют джерси (120 образцов, 26,5%), голштин (109 образцов, 24%) и кыргызская порода (24 образца, 5,5%). Такое распределение отражает как численность поголовья каждой породы на элевере, так и приоритеты селекционных программ.

Анализ показателей качества семени выявил существенные породные и индивидуальные различия. Средний объем эякулята варьировал от 3,4 мл у быка Ник до 8,25 мл у быка Принц (абердин-ангус), что подчеркивает как индивидуальные особенности производителей, так и породные различия. Наиболее стабильные показатели объема отмечены у быков голштинской и абердин-ангус породы, тогда как у швицкой и симментальской наблюдалась большая вариабельность.

Качество свежего семени оценивалось по среднему баллу (M±m) и находилось в диапазоне 3,67–7,26. Большинство быков демонстрируют удовлетворительные показатели качества, превышающие 6,5 балла, что говорит о нормальной функциональной активности сперматозоидов. Исключением является бык Корд (швицкая), который показал низкий средний балл свежего семени — 3,67, а также полное отсутствие размороженных сперматозоидов, что указывает на возможные проблемы с физиологическим состоянием или технологией заморозки.

Таблица 1 - Анализ объёма эякулята и среднего балла качества

Кличка быка	Порода	Общий объем эякулята (мл)	Средний объем эякулята (M±m, мл)	Средний балл нового семени (M±m)	Кол-во размороженных сперматозоидов	Средний балл размороженного (%)
Енисей	Швицкая	140,5	7,77 ± 0,25	6,82 ± 0,02	2530	40,0
Агат	Швицкая	128,5	4,58 ± 0,13	7,15 ± 0,05	3035	42,5
Томск	Швицкая	151,5	4,16 ± 0,09	6,88 ± 0,03	3525	41,6
Корд	Швицкая	164,5	7,00 ± 0,10	3,67 ± 0,01	0	0
Ник	Швицкая	119,0	3,40 ± 0,08	6,96 ± 0,03	2630	40,6
Набат	Швицкая	88,5	4,60 ± 0,09	6,96 ± 0,04	740	40,0
Принц	Абердин-ангусская	101,0	8,25 ± 0,30	6,40 ± 0,05	2580	40,0
Доктор	Голштино-фризская	175,5	5,42 ± 0,10	6,68 ± 0,03	2795	40,0
Сэм	Симменталь-ская	116,0	3,5 ± 0,08	6,97 ± 0,02	2720	41,6
Буран	Симменталь-ская	99,5	3,69 ± 0,09	7,26 ± 0,04	3650	44,0

Таблица содержит подробные данные о показателях семени десяти быков различных пород, включая швицкую, абердин-ангусскую, голштино-фризскую и симментальскую. Общий объем эякулята у всех быков составляет 1284,5 мл, что указывает на значительный репродуктивный потенциал данной группы. При этом объем эякулята у отдельных быков варьируется существенно: от 3,4 мл у быка Ник до 8,25 мл у Принца, что отражает индивидуальные и породные особенности. Наибольший средний объем отмечен у быка Принц, принадлежащего породе абердин-ангус, что может свидетельствовать о его высокой физиологической активности и способности к воспроизводству.

Качество свежего семени, оцененное по среднему баллу, находится в диапазоне от 3,67 до 7,26. При этом у большинства быков этот показатель превышает 6,5, что является показателем удовлетворительного качества. Исключением является бык Корд, демонстрирующий низкий средний балл свежего семени, а также полное отсутствие размороженных сперматозоидов и их качества после разморозки, что указывает на возможные проблемы с технологией заморозки или физическим состоянием семенного материала.

Количество размороженных сперматозоидов колеблется от 0 до 3650, причем наибольшее количество у быка Буран, что говорит о его потенциале для использования в программах искусственного осеменения с применением замороженного материала. Средний балл качества размороженного семени по группе находится на уровне около 41%, что соответствует общепринятым нормам и указывает на сохранение жизнеспособности и функциональности сперматозоидов после заморозки. Высокие показатели размороженного семени отмечены у быков Агат и Буран, что подтверждает их пригодность для племенной работы.

В целом данные свидетельствуют о существенной вариабельности показателей, как внутри швицкой породы, так и между породами. Это подчеркивает необходимость индивидуального подхода к оценке и отбору быков-производителей для различных целей. Особое внимание требует анализ тех быков, у которых наблюдаются аномалии или низкие показатели, для выявления причин и повышения эффективности использования их репродуктивного материала. Учитывая положительные показатели у большинства быков, представленные данные позволяют рекомендовать их к использованию в племенной работе и программах искусственного осеменения, при условии регулярного контроля качества и корректировки технологий получения и хранения семени.

Выводы. В результате исследования изучено 453 образца семени быков четырех пород, содержащихся на элевере КырНИИЖИП. Наибольшая часть образцов принадлежит породе хану, далее следуют джерси, голштин и кыргызская порода. Анализ показателей качества семени показал значительные вариации как между породами, так и внутри них. Показатели свежего и размороженного семени большинства быков соответствуют нормам, необходимым для успешного использования в племенной работе. Отмечены быки с высокими значениями объема эякулята и качественных характеристик, что делает их перспективными производителями для программ искусственного осеменения. Низкие показатели у отдельных быков свидетельствуют о необходимости индивидуального подхода к оценке и улучшению технологий получения и хранения семенного материала. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации селекционных программ и повышения репродук-

тивной эффективности крупного рогатого скота в Кыргызской Республике.

Литература

1. ***Абдурасулов А.Х., Кубатбеков Т.С., Карыбеков А.*** Воспроизводительная способность быков-производителей и оплодотворяемость коров, В сборнике: Инновационные достижения науки и техники АПК. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Кинель, 2023. С. 372-379.
2. ***Абдурасулов А.Х., Муратова Р.Т.*** Особенности репродуктивной функции крупного рогатого скота, Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2023. № 3. С. 107-112.
3. ***Алиев А.Ю., Авдеенко В.С., Федотов С.В.*** Актуальные проблемы репродукции крупного рогатого скота в российской федерации, В сборнике: Актуальные проблемы ветеринарной репродуктологии и современные пути их решения. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Махачкала, 2024. С. 3-7.
4. ***Белозерцева Н.С., Федотов С.В., Бригида А.В., Артюшина З.С., Свистунов Д.В.*** Основные показатели и оценка качества криоконсервированной спермы быков-производителей, Учебно-методические пособие / Москва, 2025.
5. ***Биотехнологические приёмы улучшение породного состава крупного рогатого скота*** / А.К. Кыдырмаев, А.Х. Абдурасулов, М.Ч. Чешев, Ч.Р. Романов // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2016. № 3(39). С. 14-19.
6. ***Ногоев А.И., Жумаканов К.Т., Абдурасулов А.Х.*** Биотехнологические факторы повышения мясной продуктивности скота с использованием мирового генофонда // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. - 2016. - Т. 1. № 9. - С. 443-447.
7. ***Рузиев Х.Т., Рузиев Т.Б., Рахматов Х.Г., Абдурасулов А.Х.*** Воспроизводительные качества коров таджикской чёрно-пёстрой породы в условиях разных племзаводов // Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. - 2023. - № 2. - С. 136-141.
8. ***Салихов А.А., Косилов В.И., Лындина Е.Н.*** Анализ различных факторов, влияющих на качество материнства в разных эколого-технологических условиях. - Оренбург, 2008. - 368 с.
9. ***Шендаков А.И.*** Происхождение и особенности подбора голштинских быков-производителей, внёсших существенный генетический вклад в стаде ООО «Юпитер» Орловской области / А. И. Шендаков, Т. А. Шендакова, Р. Н. Ляшук // Вестник аграрной науки. – 2025. – № 3(114). – С. 105-112. – DOI 10.24412/2587-666X-2025-3-105-112. – EDN XUHQDT.
10. ***Шендаков А.И.*** Влияние быков-производителей на результаты отёлов их дочерей / А. И. Шендаков, Т. А. Шендакова, Р. Н. Ляшук // Вестник аграрной науки. – 2024. – № 2(107). – С. 91-95. – DOI 10.17238/issn2587-666X.2024.2.91. – EDN TVKOWI.

Поступила в редакцию: 11.03.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Абдурасулов А.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ветеринарной медицины и биотехнологии Ошского государственного университета, e-mail: Abdurasul65@mail.ru, **Керималиев Ж.К.,** первый заместитель министра ВПСХиПП КР, д.в.н., профессор, **Кубанычбек К. Ч.,** заведующий отделом биотехнологии Кыргызского НИИ животноводство и пастбищ, г. Ош, Кыргызская Республика **(Abdurasulov A.Kh.,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology, Osh State University, e-mail: Abdurasul65@mail.ru , Osh, Kyrgyz Republic
Kerimaliev Zh.K., First Deputy Minister of Water Resources, Agriculture and Processing Industry of the Kyrgyz Republic, Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Osh, Kyrgyz Republic
Kubanychbek K.Ch., Head of the Department of Biotechnology, Kyrgyz Research Institute of Livestock and Pastures, Osh, Kyrgyz Republic)

УДК 664.72+663

Потороко И.Ю., доктор технических наук, профессор, e-mail: irina_potoroko@mail.ru
Руськина А. А., кандидат технических наук, e-mail: ruskina_a@mail.ru
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет),
г. Челябинск, Россия
***Potoroko I. Yu.**, Doctor of Sciences (Engineering),*
***Ruskina A.A.**, Candidate of Technical (Engineering), Associate Professor of Food Technology and Biotechnology, South Ural State University, Chelyabinsk, ruskina_a@mail.ru.*

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОСЛЕЖИВАНИЯ БИОБЕЗОПАСНОСТИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ И ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ

(New solutions for tracking the biological safety of grain and processed products)

Современное состояние агропромышленного комплекса определяет возможность обеспечения продовольственной безопасности и независимости страны за счет интенсивного внедрения инновационных технологических решений в агропромышленном комплексе. При этом, риски глобального изменения климата и экстремальные погодные явления, оказывают непосредственное влияние на урожайность и биобезопасность зерновых культур, что провоцирует сбои в производственных цепочках. Поэтому обеспечение биобезопасности зернового сырья и продуктов его переработки становится одной из ключевых задач агропромышленного комплекса. Разработка и обоснование новых технологических решений для обеспечения прослеживаемости биобезопасности зернового сырья и продуктов его переработки на всех этапах производства, хранения и переработки зерна, стало целью данного исследования. Современные инструменты, на основе применения нетепловых эффектов воздействия атмосферной холодной плазмы (АХП) и ультрафиолета (УФ), показали эффективность для регулирования физиологических, технологических свойств зерна пшеницы, а также обеспечение биобезопасности. Особое внимание уделено интеграции сенсорной идентификации для мониторинга микробиологических показателей в режиме реального времени, что позволяет оперативно выявлять угрозы и предотвращать распространение контаминантов на разных этапах хранения. Полученный массив данных, доказывает состоятельность технологии нетеплловых эффектов дуального подхода для обеззараживающей технологии на основе холодной плазмы и ультрафиолета: количество плесневых грибов в зерне после обеззараживания значительно снизилось, в том числе в пробах зерна с высокими исходными характеристиками до уровня регламентируемого значения, что свидетельствует об эффективности используемой технологии при сохранении продовольственной пригодности. Внедрение новых решений способствует формированию устойчивой системы контроля, соответствующей как национальным, так и международным стандартам пищевой безопасности.

Ключевые слова: атмосферная холодная плазма, ультрафиолетовое воздействие, биобезопасность, зерно пшеницы, изменение климата.

Благодарность: Статья выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ 24-16-20028.

The current state of the agro-industrial complex determines the possibility of ensuring food security and independence in the country through the intensive implementation of innovative technological solutions in the agro-industrial complex. At the same time, the risks of global climate change and extreme weather events have a direct impact on the yield and biosecurity of grain crops, causing disruptions in production chains. Therefore, ensuring the biosecurity of grain raw materials and processed products has become a key task for the agro-industrial complex. The development and justification of new technological solutions for ensuring the traceability of the biosecurity of grain raw materials and their processing products at all stages of grain production, storage, and processing was the goal of this study. Modern tools based on the use of non-thermal effects of atmospheric cold plasma (ACP) and ultraviolet (UV) radiation have shown effectiveness in regulation of physiological and technological properties of wheat grain, as well as ensuring biosecurity. Special attention is paid to the integration of sensor identification for real-time monitoring of microbiological indicators, which allows for prompt detection of threats and prevention of the spread of contaminants at different stages of storage. The obtained data array proves the feasibility of the non-thermal effects of the dual approach for cold plasma and ultraviolet disinfection technology: the number of mold fungi in grain after disinfection decreased significantly, including in grain samples with high initial characteristics, to the level of the regulated value, which indicates the effectiveness of the technology used while maintaining food suitability. The implementation of new solutions contributes to the formation of a sustainable control system that meets both national and international food safety standards.

***Keywords:** atmospheric cold plasma, ultraviolet exposure, biosecurity, wheat grain, climate change.*

***Acknowledgements:** The article was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant 24-16-20028.*

Введение. Обеспечение качества и биобезопасности зернового сырья в условиях глобального изменения климата не утрачивает своей актуальности, а, напротив, приобретает особое значение для территорий, относящихся к зоне рискованного земледелия. Современные климатические вызовы, характеризующиеся ростом числа экстремальных погодных явлений, таких как засухи, ливневые осадки и резкие перепады температур, напрямую влияют на стабильность агропромышленного производства и создают новые угрозы для продовольственной безопасности страны [2, 3].

В этих условиях традиционные подходы к выращиванию и хранению зерна оказываются недостаточными. Возрастает риск поражения сырья патогенными микроорганизмами, микотоксинами и другими контаминантами [6], что требует внедрения инновационных решений на всех этапах производственного цикла. Актуальность темы обусловлена необходимостью поиска новых решений, способных гарантировать соответствие зернового сырья определенным стандартам качества и безопасности [1, 5].

Целью настоящей работы является анализ современных методов и разработка предложений по совершенствованию технологий обеспечения биобезопасности и качества зернового сырья с учётом специфики рискованного земледелия. Решение этих задач является стратегически важным для обеспечения независимости и стабильности агропродовольственного сектора.

В целях прослеживаемости проблем климатических изменений проведен анализ открытых метеоданных областных гидрометеоцентров для Челябинской и Курганской областей, который показал заметное повышение температуры с более теплыми зимами и жарким летом в 2025 г. Временные рамки исследования охватывают ключевые агротехнические периоды 2025 г. – посевную и уборочную кампании. В ходе мониторинга была зафиксирована значительная вариативность распределения гидротермических показателей (рис. 1).



Рис. 1 – Карта распределения годового количества осадков на территории России в 2025 году [4]

Полученные данные говорят о распространённости осадков, согласно зональным климатическим картам, показывает сдвиги со значительным уменьшением зимних осадков (январь) и увеличением летних осадков (июль). В период вегетации зерновых в 2025 году наблюдались оптимальные погодные условия, при благоприятных условиях августа, в сентябре зафиксирована широкая полоса осадков, провоцирующие некоторые риски формирования избыточной влажности полученной зерновой массы (рис. 2) [4, 8].

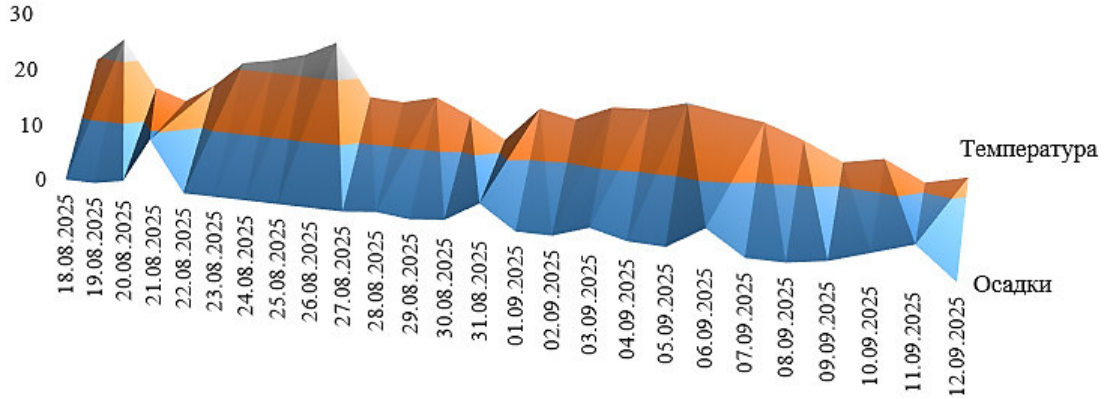


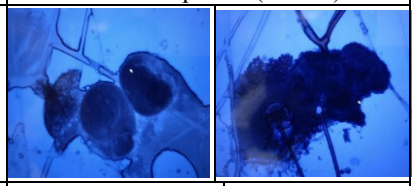
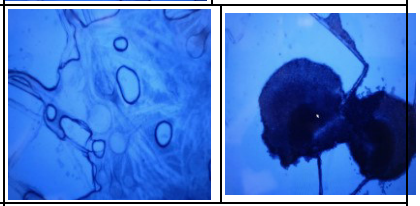
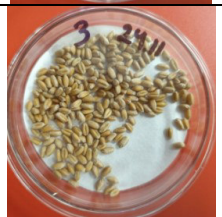
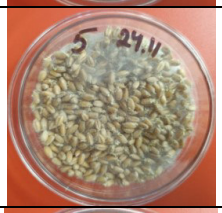
Рис. 2 – Распределение осадков и температуры в период уборки зерновых 2025 года

В таких условиях, зафиксирована незначительная гибель озимых культур при мягких условиях зимы, частыми оттепелями и заморозками, которые привели к затрудненному дыханию растений. Было замечено единичное проявление корневой гнили в посевах озимых, что в комплексе определяет необходимость разработки целевых региональных стратегий адаптации к климату для устойчивого управления ресурсами [9, 10, 11].

Для решения обозначенных задач, предложена разработка новых технологий сохранения продовольственных зерновых ресурсов, имеющих отклонения по качеству и биобезопасности на основе нетепловых воздействий для расширенной выборки образцов районированных сортов пшеницы мягкой яровой сопряженных территорий возделывания. Мониторинг качества и биобезопасности зерна пшеницы (*Triticum aestivum L.*) проводили на совокупной выборке районированного сорта пшеницы мягкой яровой Челяба 75. Партии зерна урожая 2025 года после обмолота и закладки на хранение в условиях агропроизводств, подвергли входному контролю по качеству и безопасности, который послужили основанием для проведения последующих исследований, направленных на оценку степени воздействия нетепловых эффектов дуального воздействия атмосферной холодной плазмы (АХП) и ультрафиолета (УФ), в качестве инструмента для обеззараживания. В совокупности показателей качества наиболее значимыми с точки зрения состояния белково-углеводного комплекса и эндосперма зерна основные акценты были сделаны на содержание и качество клейковины, стекловидность (параметр консистенции эндосперма), число падения (взаимосвязь с активностью α-амилаза), влажность. При высоком уровне качества и технологической пригодности зерна на этапе хранения не исключаются риски присутствия токсигенных микромицетов в условиях изменения климатических условий в хранилищах, провоцирующих их активацию и последующую миграцию белково-углеводный комплекс.

Результаты и обсуждение. Неконтролируемое накопление токсигенных микромицетов и их вторичных метаболитов на поверхности зерна в условиях нарушения целостности семенных и плодовых оболочек, особенно при прорастании определяет высокую вероятность глубинных проникновений токсигенов в эндосперм [7].

Таблица 1 – Результаты исследование влияния АХП + УФ на развитие токсигенных микромицетов в зерне пшеницы мягкой яровой

№ п/п	Объект исследования	Внешний вид зерна + среда Сабура	Идентификация плесневых грибов (*Mukor*)
1.	Контроль		
2.	Образец 1 (АХП + УФ, 30 сек.)		
3.	Образец 2 (АХП + УФ, 3 мин)		Не идентифицируются
4.	Образец 3 (АХП 5 + УФ, 5 мин)		Не идентифицируются
5.	Образец 4 (АХП + УФ, 10 мин)		Не обнаружено

Присутствие маскированных форм микотоксинов в зерновой массе и продуктах переработки требует изменения стратегии обеззараживания: определение режимов холодноплазменного и ультрафиолетового воздействия, исключающих трансформацию макронутриентов маскирующих микотоксины. Обеззараживание проводили при соблюдении экспериментально установленных рациональных режимов для каждого метода нетеплового воздействия при контроле значений общей токсичности. Для определения оптимального режима АХП + УФ с целью обеззараживания зерновых масс от токсигенных микромицетов проводилась обработка длительностью 30 сек., 3, 5, 10 мин (табл. 1).

При активации микрофлоры образцов зерна пшеницы во влажной среде до и после обработки АХП + УФ наблюдалась образования плесневой микрофлоры в образцах контроль и при режиме 30 сек. Посев смывов с зерна пшеницы до и после обработки на стерильную плотную питательную среду Сабура показал развитие плесневых грибов класса зигомицетов *Mucor* в образцах контроль и 30 сек. Обработка АХП длительностью 10 мин + УФ позволила полностью обеззаразить зерно пшеницы.

Выводы. В ходе исследований сформирована доказательная база в подтверждение состоятельности выдвинутой гипотезы обеззараживающего действия нетепловых эффектов атмосферной холодной плазмы и ультрафиолета в отношении плесневых грибов за счет блокирования их активности в зерновой массе.

Литература

1. ***Артамонов И.В.*** Микотоксины фитопатогенных грибов и микотоксикозы: исторический очерк (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2023, Т. 24, № 5, С. 703–719.
2. ***Потороко И. Ю., Малинин А. В., Кади А. М. Я., Анйум В., Неверова О. П.*** Стратегические ориентиры обеспечения биобезопасности зерновых в экстремальных условиях изменения климата // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 10. С. 1334–1344. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-10-1334-1344.
3. ***Руськина А. А., Потороко И.Ю.*** Влияние экстремальных погодных условий на качественные характеристики яровой мягкой пшеницы районированных сортов // Современные материалы и методы решения экологических проблем постиндустриальной агломерации: сборник материалов II всероссийской научно-практической конференции. – Челябинск: Южно-Уральский государственный университет. 2025. – С. 108–112.
4. ***Электронный ресурс*** – Гидрометцентр России: О ПОГОДЕ - ИЗ ПЕРВЫХ РУК.
5. ***debo O. A., Molelekoa T., Makhuvele R., Adebiyi J. A., Oyedeji A. B., Gbashi S., et al.*** A review on novel non-thermal food processing techniques for mycotoxin reduction. International Journal of Food Science and Technology. 2021, 56(1), P. 13–27. https://doi.org/10.1111/ijfs.14734.
6. ***Agriopoulou S., Stamatelopoulou E., Varzakas T.*** Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: prevention and detoxification in foods. *Foods*. 2020; 9: 137.
7. ***De Santis M. A. et al.*** Influence of drought and salt stress on durum wheat grain quality and composition: A review // Plants, 2021, V. 10, №. 12, P. 2599. DOI:10.3390/plants10122599.
8. ***Green D.*** «The Impact of Climate Change on Water Resources and Agriculture», Environmental Management Review, 2021. V. 45, № 4, P. 340–355.
9. ***Roberts J.*** «Assessing climate models for the Ural region», Climate Change Modeling, 2020, V. 40, №. 5, P. 70–85.
10. ***Lee H. Et al.*** Climate change 2023: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. – The Australian National University, 2023. DOI:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.
11. ***Sankaranarayanan A., Amaresan N., Sharma A., Khalifa A.*** Mycotoxins associated food safety concerns of agricultural crops, prevention and control. In: Sharma, V.K., Sah, M.P., Parmar, S., Kumar, A. (Eds.), Fungi Bio-Prospects in Sustainable Agriculture, Environment and Nano-Technology. Elsevier Inc, 2021, P. 357–374.

Поступила в редакцию: 11.03.2026 г.
Принята к публикации: 04.05.2026 г.

Потороко Ирина Юрьевна, доктор технических наук, профессор, e-mail: irina_potoroko@mail.ru, **Руськина Алёна Александровна**, кандидат технических наук, e-mail: ruskina_a@mail.ru, Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, Россия

УДК 641:613.2

Лазарева Т. Н., кандидат технических наук, директор ИНИИ ЦКП
Мурленков Н. В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Киреева О. С., кандидат технических наук
Крюков В. И., доктор биологических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина», Орел, Россия
Lazareva T. N., Candidate of Technical Sciences, Director of the IRI CUC
Murlenkov N. V., Candidate of Agricultural Sciences, researcher
Kireeva O. S., Candidate of Technical Sciences
Krukov V.I., Doctor of Biological Sciences, Professor
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education "Orel State Agrarian University named after N. V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: iniic@orelsau.ru

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ В ПРОФИЛАКТИКЕ АЛИМЕНТАРНО-ЗАВИСИМЫХ НАРУШЕНИЙ

(Prospects for the Use of Functional Foods in the Prevention of Diet-Related Disorders)

Аннотация. В статье рассмотрены перспективы применения функциональных продуктов питания в профилактике алиментарно-зависимых нарушений. Обобщены современные данные о роли пищевых продуктов с направленным физиологическим действием в коррекции факторов риска ожирения, метаболических нарушений и железодефицитных состояний. Особое внимание уделено цельнозерновым и обогащенным пищевым матрицам, включая хлебцы и хлебобулочные изделия, содержащие пищевые волокна, β-глюкан, инулин, резистентный крахмал, полифенолы, пробиотики и другие биоактивные компоненты. Показано, что такие продукты могут способствовать усилению чувства насыщения, снижению энергетического потребления, модуляции постпрандиального гликемического ответа, липидного обмена и состава кишечной микробиоты. Отдельно рассмотрены функциональные продукты, обогащенные биодоступными формами железа, включая пептидно-железные комплексы, хелатные соединения, микрокапсулированные системы, продукты с пребиотиками и биообогащенные сельскохозяйственные культуры. Подчеркивается, что эффективность таких продуктов определяется не только содержанием активного компонента, но и его формой, стабильностью в пищевой матрице, переносимостью и способностью к усвоению организмом. Сделан вывод о перспективности функциональных пищевых систем как инструмента профилактического питания, требующего дальнейшего технологического, клинического и нормативного обоснования.

Ключевые слова: функциональные продукты питания, алиментарно-зависимые нарушения, ожирение, метаболические нарушения, железодефицитные состояния, профилактическое питание.

Abstract. The article discusses the prospects for the use of functional foods in the prevention of diet-related disorders. Current data on the role of foods with targeted physiological effects in correcting risk factors for obesity, metabolic disorders, and iron deficiency conditions are summarized. Special attention is paid to whole-grain and fortified food matrices, including crispbreads and bakery products containing dietary fiber, β-glucan, inulin, resistant starch, polyphenols, probiotics, and other bioactive components. It is shown that such products may contribute to increased satiety, reduced energy intake, modulation of postprandial glycemic response, lipid metabolism, and the composition of the intestinal microbiota. Functional foods enriched with bioavailable forms of iron are considered separately, including peptide-iron complexes, chelated compounds, microencapsulated systems, products with prebiotics, and biofortified agricultural crops. It is emphasized that the effectiveness of such products is determined not only by the content of the active component, but also by its form, stability in the food matrix, tolerability, and ability to be absorbed by the body. The article concludes that functional food systems are promising tools for preventive nutrition and require further technological, clinical, and regulatory substantiation.

Keywords: functional foods, diet-related disorders, obesity, metabolic disorders, iron deficiency conditions, preventive nutrition.

В современных условиях питание рассматривается не только как источник энергии и основных нутриентов, но и как один из ключевых факторов профилактики алиментарно-зависимых заболеваний. Рост распространенности ожирения, инсулинорезистентности, нарушений углеводного и липидного обмена, а также высокая частота микронутриентных дефицитов, включая железодефицитные состояния, формируют потребность в разработке пищевых продуктов с направленным физиологическим действием. Особое значение в этом контексте приобретают функциональные продукты, способные сочетать привычный формат потребления с профилактическим потенциалом за счет включения пищевых волокон, пребиотиков, полифенолов, белковых компонентов, пробиоти-

ков, биодоступных форм минералов и других биоактивных веществ.

Актуальность данного направления определяется тем, что функциональные пищевые системы позволяют воздействовать не на один изолированный показатель, а на комплекс взаимосвязанных механизмов: регуляцию аппетита и энергетического потребления, постпрандиальный гликемический ответ, состояние кишечной микробиоты, выраженность воспалительных и окислительных процессов, а также биодоступность эссенциальных микроэлементов. Поэтому разработка и научное обоснование таких продуктов представляют интерес как для профилактики ожирения и метаболических нарушений, так и для коррекции дефицитных состояний, где важны не только количество вводимого нутриента, но и форма его включения, переносимость, стабильность в пищевой матрице и эффективность усвоения организмом.

В рамках настоящего обзора функциональные продукты рассматриваются в двух взаимодополняющих направлениях: как инструмент профилактики ожирения и связанных с ним метаболических нарушений, а также как перспективная стратегия предупреждения и коррекции железодефицитных состояний. Такой подход позволяет показать универсальность функционального питания: с одной стороны, оно может снижать метаболическую нагрузку и способствовать контролю массы тела, с другой - служить технологической платформой для доставки биодоступных микронутриентов и повышения нутритивной полноценности рациона.

В профилактике ожирения и метаболических нарушений функциональные продукты рассматриваются как один из способов пищевой коррекции факторов риска. Продукты, обогащенные пищевыми волокнами (β-глюканом, инулином, резистентным крахмалом), полифенолами, белками, пробиотиками и другими биоактивными компонентами, могут влиять на аппетит, постпрандиальный гликемический ответ, инсулинорезистентность и общий метаболический статус. Одним из перспективных направлений является производство хлебцев, что связано с их удобной порционной подачей, технологической гибкостью и возможностью создания изделий с пониженной энергетической плотностью по сравнению с рядом традиционных хлебобулочных и вафельных продуктов.

Структура и состав цельнозерновых хлебцев обеспечивают комплексное влияние на пищевое поведение, способствуя повышению чувства насыщения и снижению выраженности голода. В клинических исследованиях это проявляется в уменьшении потребления калорий в последующие приемы пищи и более стабильной динамике постпрандиальных метаболических реакций. Так, в перекрестном исследовании Forsberg T. и соавт. (2014) было показано, что завтрак с включением ржаных цельнозерновых хлебцев снижал чувство голода и уменьшал калорийность последующего обеда по сравнению с завтраком, содержащим рафинированный пшеничный хлеб [13]. Эти данные подтверждают значимость цельнозерновых продуктов в регуляции аппетита.

Сходные результаты получили D.P. Johansson и соавт. (2015), показавшие, что ржаные хлебцы усиливают чувство насыщения и одновременно смягчают гликемический и инсулиновый ответ, что особенно важно в контексте профилактики метаболических нарушений, включая ожирение и инсулинорезистентность [28]. Дополнительный интерес представляет исследование G. Zamaratskaia и соавт. (2017), где использовались хлебцы, приготовленные с применением закваски. Авторы отметили, что ферментация может вносить вклад в метаболические эффекты продукта, влияя на чувство насыщения, усвояемость нутриентов и регуляцию сахара в крови [49].

Значение имеют не только краткосрочные эффекты, связанные с насыщением и постпрандиальным ответом. Долгосрочная роль цельнозерновых хлебцев была показана K.N. Iversen (2021): в условиях гипокалорийной диеты рацион с преобладанием ржаных цельнозерновых изделий приводил к более выраженному снижению массы тела и жировой массы, чем аналогичный рацион на основе рафинированной пшеницы [25]. Следовательно, хлебцы могут рассматриваться не только как продукт для кратковременного усиления сытости, но и как элемент более устойчивого контроля массы тела при длительном включении в рацион.

Совокупность этих данных позволяет рассматривать хлебцы как перспективный пищевой компонент с подтвержденным функционалом в управлении аппетитом и профилактике ожирения. Их применение сочетает простоту, доступность и возможность технологической модификации, что делает такие изделия удобной основой для снижения энергетической нагрузки рациона.

Продолжением данного подхода является функциональное обогащение хлебцев биоактивными компонентами, способными усиливать эффект контроля аппетита и энергетического баланса. Цельнозерновая основа при этом выступает не только самостоятельным функциональным продуктом, но и удобной формой доставки нутрицевтиков, влияющих на разные звенья метаболической регуляции.

Одним из наиболее изученных соединений является β-глюкан овса - растворимое пищевое волокно, способное замедлять скорость опорожнения желудка и воздействовать на гормональные маркеры насыщения. Экспериментальные данные показывают, что включение β-глюкана может повышать уровень GLP-1 и способствовать более плавному постпрандиальному профилю гликемии. В протоколе многоцентрового исследования Hjorth T. и соавт. (2022) была заложена оценка влияния хлеба, обогащенного овсяным β-глюканом, на гликемический контроль у лиц с предиабетом [22]. В исследовании Vitaglione P. и соавт. (2009) β-глюкан-обогащенный хлеб снижал краткосрочное потребление энергии и изменял концентрации грелина и пептида YY [47]. Данные Rebello C.J. и соавт. (2014) дополнительно показывают, что выраженность эффекта β-глюкана зависит от вязкости пищевой массы и физико-химических характеристик волокна [39].

Другим важным направлением является применение инулин-типа фруктоолигосахаридов (ITF). Эти пребиотики способны модулировать микробиоту кишечника и влиять на показатели массы тела. Анализ

Liber A. и соавт. (2013) показывает, что регулярное употребление инулина связано со статистически значимым уменьшением массы тела, индекса массы тела и окружности талии, что позволяет рассматривать его как компонент профилактических стратегий в группах с риском ожирения [33].

Не менее перспективным является включение резистентного крахмала (RS). По данным Wang Y. и соавт. (2019), его применение способствовало снижению массы тела и улучшению показателей инсулинорезистентности у лиц с избыточной массой тела и ожирением [48]. Исследование Eshghi F. и соавт. (2019) подтверждает благоприятное влияние резистентного крахмала на показатели углеводного и липидного обмена, а также на маркеры окислительного стресса, что важно при оценке перспектив его использования в массовых пищевых продуктах [17].

В качестве дополнительной стратегии изучается обогащение хлеба и хлебцев полифенолами. Эти соединения обладают антиоксидантным и противовоспалительным действием, а также могут влиять на жировой обмен. Binou P. и соавт. (2023) показали, что хлеб, обогащенный гидрокситирозолом, способствовал снижению жировой массы и улучшению гликемического и воспалительного профиля у потребителей [10]. Alashi A.M. и соавт. (2019) подтверждают, что полифенольное обогащение повышает антиоксидантный потенциал изделий и может усиливать их физиологическое действие [7]. Более широкий анализ клинических данных по обогащению хлебобулочных изделий витаминами, минералами, белком, клетчаткой и полифенолами представлен в обзоре Kaim U. и соавт. (2023), где подчеркивается универсальность подхода к фортификации [29].

Отдельное направление связано с использованием пробиотиков и ферментированных компонентов. Основная технологическая трудность здесь заключается в низкой выживаемости микроорганизмов при высоких температурах выпечки. Однако новые подходы, включая микрокапсулирование, позволяют частично преодолеть эту проблему. Singh S. и соавт. (2022) рассмотрели перспективы внедрения капсулированных пробиотиков в рецептуры хлебобулочных изделий и отметили их потенциал для улучшения микробиотного статуса и метаболического здоровья [42].

При этом обогащение хлебцев является лишь одним из возможных путей профилактики ожирения с помощью функциональных продуктов. Параллельно изучаются ферментированные молочные продукты и пробиотики, которые могут умеренно снижать массу тела и улучшать метаболические показатели [11]; белково-усиленные продукты, демонстрирующие выраженный эффект насыщения и снижение массы тела [31, 12]; катехины зеленого чая, особенно в сочетании с кофеином, дающие небольшой, но воспроизводимый эффект [8]. В то же время отдельные нутрицевтики, например CLA (конъюгированная линолевая кислота), требуют более осторожной оценки эффективности и безопасности [6].

С технологической точки зрения хлебцы представляют собой удобную платформу для включения различных функциональных ингредиентов. Их цельнозерновая основа изначально обладает собственным функциональным потенциалом: ржаные хлебцы повышают чувство насыщения, снижают энергетическое потребление и оказывают положительное влияние на показатели массы тела, что подтверждено в клинических исследованиях [13, 28, 49, 25]. Однако именно сочетание зерновой матрицы с добавлением биоактивных веществ позволяет расширить и усилить метаболический эффект продукта.

Пребиотические компоненты, такие как инулин и резистентный крахмал, в дозах порядка 5-25 г/сут могут поддерживать активность микробиоты и дополнительно способствовать снижению массы тела и показателей инсулинорезистентности. Это особенно значимо для ранней профилактики ожирения, когда коррекция метаболических нарушений может быть достигнута еще на доклиническом уровне [33, 48, 50]. Растворимые волокна, в частности β-глюкан в дозировках 4-6 г/сут, влияют на гормональную регуляцию аппетита за счет стимуляции GLP-1 и замедления скорости опорожнения желудка, тем самым усиливая ситогенный эффект хлебцев [39, 47].

Включение полифенольных соединений, например гидрокситирозола, придает продукту антиоксидантные и противовоспалительные свойства и позволяет воздействовать на жировую ткань не только через регуляцию калорийного потребления, но и через изменение локальных метаболических процессов. Вместе с тем такие добавки нельзя считать автоматически совместимыми с любой мучной матрицей: их внесение требует отдельной проверки стабильности, влияния на текстуру и органолептические характеристики конечного продукта. Поэтому хлебцы следует рассматривать как перспективную, но требующую технологической валидации основу для создания функциональных изделий с целенаправленным профилактическим действием.

Шире рассматривая функциональное питание, следует учитывать, что профилактика ожирения не сводится к одному виду продукта или одному биоактивному компоненту. В исследованиях подчеркивается значение разнообразных источников биологически активных веществ, включая ягоды, орехи, масла, кофе и функциональные напитки [30]. Sandner G. и соавт. (2020) показали, что отдельные растительные и травяные экстракты могут улучшать липидный профиль и метаболизм, что подтверждает их потенциальную метаболическую активность [41].

Особое значение имеет сочетанное действие натуральных пищевых компонентов. Полифенолы, пребиотики, пробиотики и омега-3 жирные кислоты могут проявлять синергетический эффект, в том числе через изменения кишечной микробиоты, что актуально для метаболического здоровья и профилактики ожирения и метаболического синдрома [19]. Обзор Oladimeji B.M. и Adebo O.A. (2023) также показывает, что отдельные пищевые культуры и функциональные продукты обладают потенциальным противоожирительным действием, реализующимся через модуляцию микробиоты, влияние на липогенез, энергетический обмен и метаболизм глюкозы [18].

Работа Nithya A. и соавт. (2023) систематизирует современные данные о пробиотическом потенциале

ферментированных продуктов и их возможной роли в профилактике и коррекции неинфекционных заболеваний. В обзоре акцент сделан прежде всего на ферментированные продукты, пробиотики, модуляцию микробиоты и связанные с этим метаболические эффекты [36].

Пищевая индустрия также развивает концепции комбинированных низкокалорийных продуктов с несколькими механизмами действия. Перспективными считаются пищевые решения, которые одновременно усиливают насыщение и модулируют обмен веществ, поскольку эффективность изолированных подходов к контролю избыточной массы тела часто ограничена. Sunkara R. и Verghese M. (2014), а также Dzah C.S. и соавт. (2022) подчеркивали роль растительных полифенолов как значимых функциональных ингредиентов в пищевых добавках и продуктах для управления массой тела [44, 16].

Отдельный интерес представляют ферментированные продукты, включая квашеную капусту и кимчи [4, 3]. Исследование Park S.-E. и соавт. (2020) показало, что вмешательство с использованием микробного сообщества кимчи способствовало улучшению состава микробиоты, включая увеличение A. muciniphila, и оказывало благоприятное влияние на показатели ожирения по сравнению с плацебо [38]. Другие обзоры выделяют компоненты растительного происхождения, включая овощные экстракты, как элементы диет, благоприятных для контроля массы тела и профилактики ожирения [43]. Функциональные напитки также рассматриваются как перспективная категория, однако клиническая эффективность большинства из них пока остается недостаточно доказанной; это сохраняет необходимость дальнейших исследований, особенно для напитков, обогащенных витаминами, пробиотиками и растительными экстрактами.

Таким образом, функциональные продукты питания следует рассматривать не только как инструмент коррекции энергетического обмена и профилактики ожирения, но и как более широкую технологическую и нутрициологическую платформу для воздействия на различные алиментарно-зависимые нарушения. Если при метаболических расстройствах ключевое значение имеют регуляция аппетита, гликемического ответа, липидного обмена и состава микробиоты, то при дефицитных состояниях на первый план выходит способность пищевой матрицы обеспечивать доставку биодоступных микронутриентов, повышать их усвоение и снижать риск побочных эффектов. В этом отношении особый интерес представляют продукты, обогащенные железом и соединениями, улучшающими его абсорбцию, поскольку железодефицитные состояния остаются одной из наиболее распространенных форм нутриентной недостаточности и требуют не только лечебных, но и профилактических пищевых решений.

Железодефицитная анемия остается одним из наиболее распространенных нарушений минерального обмена и рассматривается как значимая медико-социальная проблема, особенно для женщин репродуктивного возраста, детей, пожилых людей и пациентов с хроническими воспалительными заболеваниями [1]. Обеспечение организма биодоступным железом выходит за рамки фармакотерапии: функциональные пищевые продукты, обогащенные биологически активными добавками, могут использоваться как элемент профилактического питания и как дополнение к классическим железосодержащим препаратам [2, 5]. Значимость такого подхода определяется тем, что пищевая матрица и форма железа существенно влияют на его усвоение и переносимость [24].

Одним из перспективных направлений являются пептидно-железные комплексы, разработанные на основе белковых субстратов животного и растительного происхождения. Так, комплекс PSP-Fe, полученный на основе пептидов свиной кожи, подтвердил эффективность в восстановлении показателей гемоглобина, ферритина и сывороточного железа у крыс с моделью железодефицитной анемии. Исследование in vivo показало не только нормализацию биохимических маркеров, но и улучшение состояния кишечной микробиоты и слизистой оболочки [23]. Это свидетельствует о системном действии и высокой биодоступности комплекса.

Сходные результаты продемонстрировали пептидные хелаты железа, полученные из овсяного белка: высокая степень хелатирования коррелировала с восстановлением гематологических показателей у экспериментальных животных и антиоксидантным действием [27]. Аналогичным образом действовали пептидно-железные комплексы на основе морского белка и сывороточного протеина: у беременных крыс с анемией наблюдалось улучшение показателей как у самок, так и у потомства, а также снижение риска неблагоприятных эффектов железовой перегрузки [37].

Функциональные молочные продукты, в частности йогурты, также рассматриваются как транспортная форма железа. Введение в рацион анемичных животных йогурта, обогащенного сульфатом железа и длинноцепочечным инулином, способствовало улучшению биодоступности микроэлемента, нормализации массы тела и снижению оксидативного стресса. Присутствие инулина играло ключевую роль в активации кишечной микрофлоры, что могло опосредованно усиливать всасывание железа в тонком кишечнике [35].

Дополнительный интерес представляет модель йогурта с добавлением наноформы железа на альбуминовой основе. Комплекс железа и фолиевой кислоты, инкапсулированный в белковую наноструктуру, обеспечивал стабильную доставку элементов и их постепенное высвобождение, что в экспериментах на животных продемонстрировало эффективность и безопасность такого подхода [15].

Значительный потенциал имеют и биофортифицированные сельскохозяйственные культуры - зерновые и бобовые с генетически повышенным содержанием железа [20, 21]. Их регулярное потребление способствовало увеличению уровня гемоглобина у различных групп населения, включая детей в странах с высоким уровнем анемий. Наряду с этим исследуется возможность использования природных железосвязывающих белков, таких как ферритин, в составе пищевых продуктов благодаря их устойчивости и низкой токсичности.

Экспериментальные модели также включают биологически активные комплексы в форме порошков или водных растворов. Примером может служить добавка NBS, содержащая набор витаминов и микроэлементов. Ее введение крысам в течение 20 дней приводило к статистически значимому улучшению показателей гемопоэза без отрицательного воздействия на печень и другие органы [9]. Это подтверждает возможность создания функционального продукта с комплексным, в том числе профилактическим, действием.

Ключевым элементом разработки функционального продукта на основе железа является выбор формы биодобавки. Именно форма железа определяет его биодоступность, устойчивость в пищевой системе и характер взаимодействия с другими нутриентами. Наиболее перспективными на данном этапе признаны хелаты железа с аминокислотами и пептидами [46]. Благодаря связи с органическим лигандом такие формы могут транспортироваться эффективнее, чем неорганические соли, и характеризоваться лучшей переносимостью.

Особое внимание уделяется композитным структурам, совмещающим железо с транспортными или антиоксидантными агентами. Например, комплекс железа с инулином не только стабилизирует ион в пищевой системе, но и способствует росту полезной кишечной микрофлоры, что опосредованно влияет на всасывание микроэлементов [40]. Кроме того, инулин выполняет функцию пребиотика, модифицируя профиль короткоцепочечных жирных кислот и снижая кишечное воспаление, что особенно важно для пациентов с хроническими заболеваниями желудочно-кишечного тракта, у которых железодефицитные состояния могут протекать тяжелее.

Практика использования животных моделей остается важным этапом научной валидации функциональных продуктов. Наиболее широко применяются крысы линии Wistar и другие лабораторные модели, позволяющие оценивать восстановление гемопоэза, тканевые запасы железа и возможное влияние добавки на органы-мишени. В рассмотренных исследованиях такие модели применялись для оценки комплексов железа со свиными кожными пептидами [23], овсяными пептидами [27], а также олигопептидами морской рыбы и молочного белка [37]. Полученные результаты свидетельствуют об улучшении показателей крови и статуса железа в тканях, что указывает на многофакторное действие подобных добавок.

Особенно значимы исследования, в которых продукты с биодобавками не только восстанавливали показатели гемопоэза, но и снижали риск сопутствующих нарушений, связанных с дефицитом железа или избыточной железовой нагрузкой. При введении пептидно-железных комплексов животным с индуцированной анемией, помимо нормализации уровней гемоглобина и ферритина, отмечались улучшение состояния кишечника, восстановление тканевых запасов железа и благоприятное влияние на развитие потомства в модели беременности [23, 37]. Это позволяет рассматривать функциональные формы железа не только как источник микроэлемента, но и как компоненты с более широким физиологическим действием.

Отдельного внимания заслуживает использование нанотехнологий в создании функциональных продуктов. Инкапсуляция железа в матрицу белковых наночастиц позволяет замедлить его высвобождение и снизить риск окислительных процессов в пищевой системе. Примером служит комбинация железа и фолиевой кислоты, заключенная в наноструктуру на основе сывороточного альбумина. Эксперименты показали повышенную стабильность такой системы в желудочной среде, при этом высвобождение активных компонентов происходило преимущественно в тонкой кишке, что создает предпосылки для более эффективного усвоения [15].

Разработка функциональных продуктов, направленных на коррекцию железодефицитных состояний, требует системного подхода, объединяющего технологические, физиологические и нормативные аспекты. Ключевым условием является не только эффективность биодобавки, но и ее стабильность в пищевой матрице, отсутствие негативного влияния на органолептические характеристики продукта, а также соответствие действующим санитарным требованиям.

Технологический этап начинается с выбора формы железа и способа его введения в пищевой продукт. Наиболее распространенными методами являются микрокапсулирование, хелатирование с органическими лигандами и включение в липидные или белковые носители. Эти подходы позволяют минимизировать окисление железа, снизить его взаимодействие с другими компонентами пищи и обеспечить контролируемое высвобождение в организме. Примером может служить технология микрокапсулирования на основе альгинатов или белковых гидролизатов [32], обеспечивающая маскировку металлического вкуса и увеличение сроков хранения продукта.

С точки зрения оценки эффективности функционального продукта на доклиническом этапе ключевыми показателями служат восполнение запасов железа и нормализация параметров кроветворения. Для этого используются биомаркеры, включающие уровень гемоглобина, ферритина, общую железосвязывающую способность сыворотки, насыщение трансферрина и морфологию эритроцитов. На модельных животных применяются как прямые измерения концентрации железа в тканях (печень, костный мозг), так и функциональные тесты, включая тест толерантности к физической нагрузке и оценку когнитивных функций.

Оценка безопасности продукта является обязательной частью разработки. Помимо стандартных токсикологических тестов, учитываются параметры кишечной микробиоты, возможное развитие воспалительной реакции, изменения биохимических маркеров печени и почек. В этом отношении функциональные формы железа демонстрируют преимущества по сравнению с традиционными: они реже вызывают раздражение слизистой, меньше нарушают баланс кишечной микрофлоры и в меньшей степени связаны с риском оксидативного стресса.

Существенное значение имеет и соответствие продукта действующим стандартам и техническим регламентам. В российской практике используются положения ГОСТ Р 55512-2013, ГОСТ Р 52349-2005, а также СанПиН 2.3.2.1293-03, регламентирующий до-

пустимые уровни микроэлементов. При разработке новых формул учитываются также рекомендации Всемирной организации здравоохранения по профилактике железодефицита на уровне питания.

Несмотря на очевидный потенциал, широкое внедрение функциональных продуктов с железом сталкивается с рядом ограничений. Одним из них является технологическая сложность стабильного включения железа в пищевые системы с высоким содержанием воды, органических кислот и белков. Кроме того, остаются открытыми вопросы биодоступности у населения с нарушениями пищеварения, воспалительными заболеваниями и сахарным диабетом. Для таких групп необходимы дополнительные клинические испытания, учитывающие разнообразие физиологических состояний [24].

Потребительское восприятие таких продуктов также имеет практическое значение. Металлический привкус, изменение цвета, а также сомнения в натуральности состава могут снижать приверженность к употреблению. Поэтому наряду с научной проработкой состава необходима понятная коммуникация, ориентированная на осведомленность и доверие потребителя.

Международная практика подтверждает, что функциональные продукты, обогащенные железом, занимают все более значимое место в стратегиях борьбы с анемией, особенно в развивающихся странах. Программы биообогащения (biofortification) являются одной из наиболее масштабных инициатив в этом направлении. В рамках таких программ были созданы сорта риса, пшеницы, фасоли и кукурузы с повышенным содержанием железа, потребление которых способствовало улучшению показателей железного статуса у школьников, женщин детородного возраста и других групп риска. Эти данные подтверждаются клиническими и популяционными исследованиями, где биообогащенные культуры рассматриваются как элемент программ питания [20, 21].

В международной практике также усиливается интерес к комплексным продуктам, сочетающим железо с витаминами группы В, цинком, фолиевой кислотой и пребиотиками [45]. Такая поликомпонентная стратегия позволяет учитывать не только анемию, но и сопутствующие состояния, включая гиповитаминоз, иммунные нарушения и когнитивные риски. Именно такие сочетания рассматриваются как перспективное направление профилактического питания, особенно для групп населения с повышенной потребностью в микронутриентах.

Наблюдается и тенденция к применению более переносимых форм железа на этапе клинической реабилитации. В смежной клинической практике, например у онкологических пациентов с анемией после курсов химиотерапии, изучаются терапевтические формы железа, включая внутривенные препараты [26, 34]. У пациентов с воспалительными заболеваниями кишечника предпочтение отдается формам, не вызывающим раздражения слизистой и имеющим более низкий профиль гастроинтестинальных побочных эффектов [14]. Эти данные не являются прямым доказательством эффективности функциональных продуктов, но задают ориентиры для разработки более безопасных пищевых форм железа.

В контексте трансляции таких подходов в российскую практику важно учитывать не только научные, но и социально-экономические аспекты. Создание доступных массовых функциональных продуктов требует участия предприятий пищевой промышленности, государственных структур и исследовательских центров. Необходимы также механизмы пострегистрационного мониторинга эффективности и безопасности, а также обучение врачей и диетологов рациональному применению таких продуктов. Смежные клинические данные по пероральным и внутривенным формам железа могут использоваться как ориентир при оценке безопасности, но не должны подменять испытания собственно пищевых продуктов [34, 26, 14].

Кроме того, функциональные продукты могут быть востребованы в школьном и лечебном питании, особенно в регионах с высоким уровнем железодефицитной анемии. Для этого необходимы разработка типовых рационов с включением железообогащенных продуктов и адаптация существующих санитарных норм. В данном направлении особую актуальность приобретает междисциплинарное взаимодействие технологов, клиницистов, нутрициологов и специалистов в области гигиены питания.

Таким образом, функциональные продукты с биологически активными формами железа представляют собой перспективное средство профилактики и коррекции железодефицитных состояний. Их преимущества - высокая биодоступность, лучшая переносимость и возможность включения в различные пищевые матрицы - делают такие продукты значимым направлением для дальнейших технологических и клинических исследований, особенно в группах населения с повышенным риском дефицита железа.

Заключение. Проведенный анализ показывает, что функциональные продукты питания занимают важное место в современных стратегиях профилактического питания, поскольку позволяют воздействовать на различные алиментарно-зависимые нарушения не только за счет изменения общей структуры рациона, но и через направленное включение биоактивных компонентов. В профилактике ожирения и метаболических нарушений наибольшее значение имеют продукты, способные усиливать чувство насыщения, снижать энергетическую плотность питания, модулировать постпрандиальный гликемический ответ, липидный обмен, воспалительные процессы и состав кишечной микробиоты. В этом отношении особый интерес представляют цельнозерновые хлебцы и другие зерновые матрицы, обогащенные пищевыми волокнами, β-глюканом, инулином, резистентным крахмалом, полифенолами, белковыми компонентами и пробиотиками.

В то же время функциональные продукты обладают значительным потенциалом не только в коррекции избыточной массы тела, но и в профилактике микронутриентных дефицитов, прежде всего железодефицитных состояний. Для данного направления ключевое значение имеет не столько само увеличение содержания железа в продукте, сколько выбор его

биодоступной формы, стабильность в пищевой матрице, переносимость и способность взаимодействовать с компонентами, улучшающими всасывание микроэлемента. Наиболее перспективными являются пептидно-железные комплексы, хелатные формы, микрокапсулированные системы, продукты с пребиотиками, а также биообогащенные сельскохозяйственные культуры.

Оба рассмотренных направления объединяет общий принцип: функциональный продукт должен быть не просто носителем отдельного нутриента, а технологически и физиологически обоснованной пищевой системой с подтвержденным профилактическим действием. Дальнейшее развитие этой области требует комплексной оценки эффективности, безопасности, органолептических свойств, стабильности активных компонентов и возможности внедрения таких продуктов в массовое, лечебное и профилактическое питание. Именно сочетание научной обоснованности, технологической реализуемости и доступности для потребителя определяет перспективность функциональных продуктов как инструмента профилактики метаболических и дефицитных нарушений.

Литература

1. ***Анисимова А.П.*** Влияние железодефицитной анемии на здоровье молодежи // Лучшая студенческая статья 2025. Сборник статей XXI Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2025. С. 191-193.
2. ***Жаринов А.И., Попова М.Ю., Никитина М.А. и др.*** Разработка пищевых продуктов для профилактики железодефицитной анемии // Все о мясе. 2006. № 3. С. 21-25.
3. ***Иринина О.И., Мареева Д.Д.*** Кимчхи как гастрономический символ страны // Современные проблемы и перспективы развития туризма и сферы услуг в условиях глобализации: Сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции. Владимир, 2018. С. 110-115.
4. ***Кузнецова А.А., Лопаева Н.Л.*** Квашеная капуста и ее полезные свойства // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. Чебоксары, 2023. С. 233-238.
5. ***Провоторова А.Е.*** Взаимосвязь между питанием и развитием железодефицитной анемии // В сборнике: Наука, инновации, образование: актуальные вопросы XXI века. Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 200-203.
6. ***Akhgarjand C., Tavakoli A., Samavat S., Bagheri A., Anoushirvani A., Mirzababaei A. et al.*** The effect of conjugated linoleic acid supplementation in comparison with omega-6 and omega-9 on lipid profile: a graded, dose-response systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Frontiers in Nutrition. 2024. Vol. 11. Article 1336889. DOI: 10.3389/fnut.2024.1336889.
7. ***Alashi A. M., et al. (2019).*** Polyphenol Composition and Antioxidant Properties of Vegetable Leaf-Fortified Bread. J Food Biochem. 43(6):e12625. DOI:10.1111/jfbc.12625.
8. ***Baladia E., et al. (2014)*** Effect of Green Tea or Green Tea Extract Consumption on Body Weight and Body Composition; Systematic Review and Meta-Analysis. Nutricion Hospitalaria. 29(3):479–490. DOI: 10.3305/nh.2014.29.3.7118.
9. ***Bayat A., Khalkhali A., Mahjoub A.R.*** Effect of new healthy and live food supplement on anemia disease in Wistar rats // arXiv preprint arXiv:2504.02727. 2025.
10. ***Binou P., Karavasiloglou N., Gioxari A., Kallithraka S., Mikropoulou E.V., Karvelas M., Kaliora A.C.*** Positive contribution of hydroxytyrosol-enriched wheat bread to HbA1c levels, lipid profile, markers of inflammation and body weight in subjects with overweight/obesity and type 2 diabetes mellitus // European Journal of Nutrition. 2023. Vol. 62. P. 2257-2270. DOI: 10.1007/s00394-023-03133-9.
11. ***Borgeraas H., et al. (2018).*** Effects of Probiotics on Body Weight, Body Mass Index, Fat Mass and Fat Percentage in Subjects with Overweight or Obesity: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Obes Rev. 19(2):219–232. DOI: 10.1111/obr.12626.
12. ***Bowen J., et al. (2018)*** Randomized Trial of a High Protein, Partial Meal Replacement Program with or without Alternate Day Fasting: Similar Effects on Weight Loss, Retention Status, Nutritional, Metabolic, and Behavioral Outcomes. Nutrients.10(9):1145. DOI: 10.3390/nu10091145.
13. ***Forsberg T., Åman P., Landberg R.*** Effects of whole grain rye crisp bread for breakfast on appetite and energy intake in a subsequent meal: two randomised controlled trials with different amounts of test foods and breakfast energy content // Nutrition Journal. 2014. Vol. 13. Article 26. DOI: 10.1186/1475-2891-13-26.
14. ***D'Amico F., et al.*** Oral Iron for IBD Patients: Lessons Learned at Time of COVID-19 // Digestive and Liver Disease. 2020;52(12):1385-1393. DOI: 10.1016/j.dld.2020.05.040.
15. ***Darwish A.M.G. et al.*** Nano-encapsulated iron and folic acid-fortified functional yogurt: effects on iron status in rats // Frontiers in Nutrition. 2021;8:654624. DOI: 10.3389/fnut.2021.654624.
16. ***Dzah C.S., Asante-Donyinah D., Letsyo E., Dzikunoo J., Adams Z.S.*** Dietary polyphenols and obesity: a review of polyphenol effects on lipid and glucose metabolism, mitochondrial homeostasis, and starch digestibility and absorption // Plant Foods for Human Nutrition. 2023. Vol. 78(1). P. 1-12. DOI: 10.1007/s11130-022-01034-6.
17. ***Eshghi F., et al. (2019).*** Effects of Resistant Starch Supplementation on Glucose Metabolism, Lipid Profile, Lipid Peroxidation Marker, and Oxidative Stress in Overweight and Obese Adults: Random-

ized, Double-Blind, Crossover Trial. Clinical Nutrition Research. 8(4):318. DOI: 10.7762/cnr.2019.8.4.318.

18. ***Oladimeji B.M., Adebo O.A.*** Antiobesity effect of healthy food crops and functional foods: a systematic review of their mechanisms // Food Science & Nutrition. 2024. Vol. 12(1). P. 53-69. DOI: 10.1002/fsn3.3856.
19. ***Fekete M., et al. (2025).*** Functional Foods in Modern Nutrition Science: Mechanisms, Evidence, and Public Health Implications. Nutrients. 17(13):2153. DOI: 10.3390/nu17132153.
20. Finkelstein J.L., Haas J.D., Mehta S. Iron-biofortified staple food crops for improving iron status // Current Opinion in Biotechnology. 2017;44:138–145. DOI: 10.1016/j.copbio.2017.01.003.
21. ***Glahn R.P., Noh H.*** Redefining bean iron biofortification: a review of the evidence for moving to a high Fe bioavailability approach // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2021. Vol. 5. Article 682130. DOI: 10.3389/fsufs.2021.682130.
22. ***Hjorth, T., et al. (2022).*** Sixteen-week multicentre randomised controlled trial to study the effect of the consumption of an oat beta-glucan-enriched bread versus a whole-grain wheat bread on glycaemic control among persons with pre-diabetes: A study protocol of the CarbHealth study. BMJ Open. 12(8), e062066. DOI: 10.1136/bmjopen-2022-062066
23. ***Huang S., Deng H., Liang K., Zhao X., Zhang J.*** Potential application of pig (Sus scrofa domestica) skin peptide-iron chelates in the treatment of iron deficiency anemia and regulation of intestinal flora metabolism // Frontiers in Nutrition. 2025. Vol. 12. Article 1553668. DOI: 10.3389/fnut.2025.1553668.
24. ***Piskin E., Cianciosi D., Gulec S., Tomas M., Capanoglu E.*** Iron absorption: factors, limitations, and improvement methods // ACS Omega. 2022. Vol. 7(24). P. 20441-20456. DOI: 10.1021/acsomega.2c01833.
25. ***Iversen K.N., Carlsson F., Andersson A., Michaëlsson K., Langton M., Risérus U., Hellström P.M., Landberg R.*** A hypocaloric diet rich in high fiber rye foods causes greater reduction in body weight and body fat than a diet rich in refined wheat: a parallel randomized controlled trial in adults with overweight and obesity (the RyeWeight study) // Clinical Nutrition ESPEN. 2021. Vol. 45. P. 155-169. DOI: 10.1016/j.clnesp.2021.07.007.
26. ***Jang J.H., Kim Y., Park S., Kim K., Kim S.J., Kim W.S., et al.*** Efficacy of Intravenous Iron Treatment for Chemotherapy-Induced Anemia: A Prospective Phase II Pilot Clinical Trial in South Korea // PLoS Medicine. 2020;17(6):e1003091. DOI: 10.1371/journal.pmed.1003091.
27. ***Yuanqing H., Pengyao Y., Yangyang D., Min C., Rui G., Yuqing D., Haihui Z., Haile M.*** The Preparation, Antioxidant Activity Evaluation, and Iron-Deficient Anemic Improvement of Oat (Avena sativa L.) Peptides-Ferrous Chelate // Frontiers in Nutrition. 2021. Vol. 8. Article 687133. DOI: 10.3389/fnut.2021.687133.
28. ***Johansson D.P., Lee I., Risérus U., Langton M., Landberg R.*** Effects of unfermented and fermented whole grain rye crisp breads served as part of a standardized breakfast on appetite and postprandial glucose and insulin responses: a randomized crossover trial // PLoS ONE. 2015. Vol. 10(4). Article e0122241. DOI: 10.1371/journal.pone.0122241.
29. ***Kaim U., Goluch Z. S. (2023).*** Health Benefits of Bread Fortification: A Systematic Review of Clinical Trials According to the PRISMA Statement. Nutrients. 15(20):4459. DOI: 10.3390/nu15204459.
30. ***Konstantinidi M., Koutelidakis A.E.*** Functional foods and bioactive compounds: a review of its possible role on weight management and obesity's metabolic consequences // Medicines. 2019. Vol. 6(3). Article 94. DOI: 10.3390/medicines6030094.
31. ***Leidy H. J., et al. (2013).*** Beneficial Effects of a Higher-Protein Breakfast on the Appetitive, Hormonal, and Neural Signals Controlling Energy Intake Regulation in Overweight/Obese, «Breakfast-Skipping», Late-Adolescent Girls. Am J Clin Nutr. 97(4):677–688. DOI: 10.3945/ajcn.112.053116.
32. ***Liang R., Sun J., Zhang X., Li Y., Sun H.*** Microencapsulated iron in food: techniques, coating material, efficiency and sensory analysis – a review // Frontiers in Sustainable Food Systems. 2023;7:1146873. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1146873.
33. ***Liber A., Szajewska H. (2013).*** Effects of Inulin-Type Fructans on Appetite, Energy Intake, and Body Weight in Children and Adults: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. Ann Nutr Metab. 63(1–2):42–54. DOI: 10.1159/000350312.
34. ***Lim J., Auerbach M., MacLean B., Al-Sharea A., Richards T.*** Intravenous Iron Therapy to Treat Anemia in Oncology: A Mapping Review of Randomized Controlled Trials // Current Oncology. 2023;30(9):7836-7851. DOI: 10.3390/curroncol30090569.
35. ***Mohammed O., Taha M., Ragab M., Ahmed M.A.*** Effectiveness of inulin-type on the iron bioavailability in anemic female rats fed bio-yogurt // RSC Advances. 2021. Vol. 11(45). P. 27519-27532. DOI: 10.1039/D0RA08873K.
36. ***Nithya A., et al. (2023).*** Probiotic Potential of Fermented Foods and Their Role in Non-Communicable Diseases Management: An Understanding Through Recent Clinical Evidences. Food Chemistry Advances. 3:100381. DOI: 10.1016/j.focha.2023.100381.
37. ***Pan W., Gao H., Ying X., Xu C., Ye X., Shao Y., Hua M., Shao J., Zhang X., Fu S., Yang M.*** Food-derived bioactive oligopeptide iron complexes ameliorate iron deficiency anemia and offspring development in pregnant rats // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. Article 997006. DOI: 10.3389/fnut.2022.997006.
38. ***Park S.-E., et al. (2020).*** Intervention with Kimchi Microbial Community Ameliorates Obesity by Regulating Gut Microbiota. Journal of Microbiology. 58:859–867. DOI:10.1007/s12275-020-0266-2.
39. ***Rebello C. J., et al. (2014).*** The Role of Meal Viscosity and Oat β-Glucan Characteristics in Human Appetite Control: A Randomized Crossover Trial. Nutrition Journal. 13:49. DOI: 10.1186/1475-2891-13-49.

40. ***Rizwan Ahmad A.M., Farooq U., Anees M. et al.*** Co-administration of inulin and iron fortificants improves iron deficiency biomarkers in female Sprague Dawley rats // Food Science & Nutrition. 2022. Vol. 10(7). P. 2141-2148. DOI: 10.1002/fsn3.2337.
41. ***Sandner G., König A., Wallner M., Weghuber J.*** Functional foods - dietary or herbal products on obesity: application of selected bioactive compounds to target lipid metabolism // Current Opinion in Food Science. 2020. Vol. 34. P. 9-20. DOI: 10.1016/j.cofs.2020.09.011.
42. ***Singh S., et al. (2022).*** Natural Sources and Encapsulating Materials for Probiotics Delivery Systems: Recent Applications and Challenges in Functional Food Development. Front. Nutr. 9:971784. DOI: 10.3389/fnut.2022.971784.
43. ***Stabnikova O., Paredes-López O.*** Plant Materials for the Production of Functional Foods for Weight Management and Obesity Prevention // Current Nutrition & Food Science. 2024. Vol. 20(4). P. 401-422. DOI: 10.2174/1573401319666230705110854.
44. ***Sunkara, R., Verghese, M. (2014).*** Functional foods for obesity management. Food and Nutrition Sciences. 5:1353–1364. DOI:10.4236/fns.2014.514146
45. ***Tam E., Keats E.C., Rind F., Das J.K., Bhutta Z.A.*** Micronutrient supplementation and fortification interventions on health and development outcomes among children under-five in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis // Nutrients. 2020. Vol. 12(2). Article 289. DOI: 10.3390/nu12020289.
46. ***Tang N., Chen L., Zhuang H.*** Effects of heme iron enriched peptide on anemia in rats // Food & Function. 2014;5(2):390-399. DOI:10.1039/C3FO60292C.
47. ***Vitaglione P., et al. (2009).*** Beta-Glucan-Enriched Bread Reduces Energy Intake and Modifies Plasma Ghrelin and Peptide YY Concentrations in the Short Term. Appetite. 53(3):338–44. DOI: 10.1016/j.appet.2009.07.013
48. ***Wang Y., et al. (2019).*** Effects of the Resistant Starch on Glucose, Insulin, Insulin Resistance, and Lipid Parameters in Overweight or Obese Adults: a Systematic Review and Meta-Analysis. Nutr Diabetes. 5;9(1):19. DOI: 10.1038/s41387-019-0086-9.
49. ***Zamaratskaia G., Johansson D.P., Junqueira M.A., Deissler L., Langton M., Hellström P.M., Landberg R.*** Impact of sourdough fermentation on appetite and postprandial metabolic responses - a randomised cross-over trial with whole grain rye crispbread // British Journal of Nutrition. 2017. Vol. 118(9). P. 686-697. DOI: 10.1017/S000711451700263X.
50. ***Zhang W., et al. (2020).*** Efficacy of Inulin Supplementation in Improving Insulin Control, HbA1c and HOMA-IR in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. J Clin Biochem Nutr. 66(3):176–183. DOI: 10.3164/jcbn.19-103.

Поступила в редакцию: 10.04.2026 г.
Принята к публикации: 20.05.2026 г.

Лазарева Т. Н., кандидат технических наук, директор ИНИИ ЦКП, **Мурленков Н. В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, **Киреева О. С.**, кандидат технических наук, **Крюков В. И.**, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина», Орел, Россия, e-mail: iniic@orelsau.ru

УДК 637.5:621.798

Демина Е.Н., кандидат технических наук, к.т.н., доцент
(e-mail: deminakate1@yandex.ru)
Артемова Е.Н., доктор технических наук, профессор
Демина В.А., студент
ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия
Demina E. N., candidate of technical sciences, associate professor (e-mail: deminakate1@yandex.ru)
Artemova E. N., doctor of technical sciences, professor
Demina V. A., student
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В УПАКОВКЕ МЯСНЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ НА ПРИМЕРЕ ПРОДУКЦИИ ООО «ЗНАМЕНСКИЙ СГЦ»

(Modern trends in packaging meat semi-finished products on the example of Znamensky SGC llc products)

Современные системы упаковки имеют решающее значение для обеспечения сохранности при транспортировке, эффективного распределения и поддержания качества и безопасности мясных полуфабрикатов. На предприятии ООО «Знаменский СГЦ» вырабатывается широкий ассортимент мясных полуфабрикатов, которые пользуются устойчивым спросом у потребителей. При упаковке полуфабрикатов используются полиблоки, вакуумная упаковка, термоусадочные пленки на основе комбинированных материалов. Для порционной фасованной продукции используется упаковка в модифицированной газовой среде. При проведении исследований, определена роль упаковки в формировании потребительских мотиваций и предпочтений при выборе мясных полуфабрикатов. Важную роль играет цена и состав продукта, узнаваемость бренда. Вид упаковки и удобство использования также являются основополагающими для потребителей. Актуальными характеристиками для некоторых потребителей является экологичность и современность упаковки в соответствии с развивающимися трендами. По данным исследования, перспективным направлением является применение системы адаптации фирменного стиля в соответствии с базовым и деликатесным сегментом мясных продуктов. Основные акценты в упаковке мясных полуфабрикатов упаковке должны быть сделаны на цветовой гамме, которая символизирует свежесть, чистоту и натуральность. Это позволяет формировать у покупателей уверенность в безопасности продукции. На фоне повышения конкуренции, производители готовы предложить трендовые виды упаковки, включающие биоразлагаемые пленки, «умную» упаковку и порционирование. Изменение внешнего вида продукции ООО "Знаменский СГК", в частности мясных полуфабрикатов, привлечет покупателей, ориентированных на современные тенденции, что позволит региональному бренду укрепить свои позиции.

Ключевые слова: упаковка, мясные полуфабрикаты, полимерные материалы, потребительские предпочтения

Modern packaging systems are crucial for ensuring safety during transportation, efficient distribution, and maintaining the quality and safety of processed meat products. The company "Znamensky SGC" produces a wide range of semi-finished meat products, which are in steady demand among consumers. Polyblocks, vacuum packaging, and shrink films based on combined materials are used in the packaging of semi-finished products. For batch packaged products, packaging in a modified gas environment is used. During the research, the role of packaging in the formation of consumer motivations and preferences when choosing meat semi-finished products was determined. An important role is played by the price and composition of the product, brand awareness. The type of packaging and ease of use are also fundamental for consumers. The relevant characteristics for some consumers are the environmental friendliness and modernity of packaging in accordance with developing trends. According to the research, a promising direction is the application of a corporate identity adaptation system in accordance with the basic and delicatessen segment of meat products. The main accents in the packaging of semi-finished meat products should be placed on the color scheme, which symbolizes freshness, purity and naturalness. This allows customers to build confidence in the safety of their products. Against the background of increased competition, manufacturers are ready to offer trending types of packaging, including biodegradable films, smart packaging and portioning. Changing the appearance of the products of Znamensky SGK LLC, in particular semi-finished meat products, will attract customers who are focused on current trends, which will allow the regional brand to strengthen its position.

Keywords: packaging, semi-finished meat products, polymeric materials, consumer preferences

Введение. Процесс упаковки мясной продукции играет ключевую роль в обеспечении её качества при реализации и последующем хранении. Перед выбором конкретной упаковочной системы производителю важно провести детальный анализ ассортимента, учитывая особенности каждого вида мясной продукции, условия хранения, перевозки и продажи. Современное производство и реализация мясных полуфабрикатов представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся областей пищевой промышленности. Современные тренды заключаются в том, что упаковка должна становиться проще в утилизации и включать вторичные материалы. Происходит ужесточение стандартов в части маркировки, безопасности и прозрачности [1]. В условиях растущей конкуренции, изменения потребительских предпочтений и ужесточения требований к качеству продуктов, компании вынуждены искать новые подходы к упаковке и маркетинговым стратегиям [2].

Наблюдается тенденция к использованию новых технологий упаковки, таких как биоразлагаемая, активная и интеллектуальная упаковка, которые улучшают сохранность продуктов и создают дополнительные конкурентные преимущества [3]. Для упаковки мясной продукции применяют полимерные материалы с многослойной структурой, картон и комбинированные материалы и др. [4]. Грамотное сочетание технических характеристик упаковочных машин с качественными свойствами многослойных полимерных материалов обеспечивает выпуск готового продукта с оптимальными характеристиками и длительным сроком хранения [5]. Наряду с вакуумной упаковкой и упаковкой в модифицированной газовой среде, находят применение нанотехнологии с улучшенными защитными свойствами, антимикробной защитой и функцией отслеживания состояния продуктов [6]. Для мясных полуфабрикатов разработан способ упаковки мясных продуктов с повышенными положительными температурами хранения, а также легкооткрываемая упаковка для термообработанной порционной мясной продукции и пищевая коллагеновая пленка антимикробного действия с увеличенным сроком годности готового продукта. Представляет интерес использование материалов с термоизоляционными свойствами для замороженных мясных полуфабрикатов. Многослойные пакеты с алюминиевым покрытием выдерживают перепады температуры и защищают от кристаллизации льда [7,8,9]. Разработанные виды упаковки предназначены для повышения безопасности при хранении и транспортировке, удобства применения и увеличения потребительской привлекательности.

Цель работы – изучение современных методов упаковки мясных полуфабрикатов на примере ООО «Знаменский СГЦ»

Задачи исследования:

– анализ существующих инновационных технологий и способов упаковки;

– определение роли упаковки в формировании потребительских мотиваций и предпочтений при выборе мясных полуфабрикатов;

– исследование современных подходов, применяемых при упаковке мясных полуфабрикатов на примере продукции СГЦ «Знаменский»;

– формирование рекомендаций по улучшению упаковки исследуемой продукции.

Условия, материалы и методы

Маркетинговые исследования потребительских мотиваций и предпочтений проводили методом анкетирования потенциальных и реальных потребителей по разработанной анкете. Ассортимент мясных полуфабрикатов ООО «Знаменский СГЦ» изучали методом личного наблюдения. Исследования проводили в октябре 2025 г. При проведении анкетирования было опрошено 120 респондентов в возрасте от 18 до 70 лет, из них 85 женщин и 35 мужчин. Для выявления полученных закономерностей применяли статистический анализ – количественный метод обработки полученных данных.

Оценку информационной составляющей упаковки мясных полуфабрикатов осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 51074-2003. Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования и ГОСТ 17527-2020. Упаковка. Термины и определения.

Результаты и обсуждение

Реализация мясной продукции, выпускаемой ООО «Знаменский СГЦ» осуществляется через фирменные магазины, в которых представлены мясные полуфабрикаты и колбасные изделия (таблица 1).

Основным видом упаковки мясных полуфабрикатов является вакуумная полимерная пленка (75 % от изученного ассортимента). Вакуумирование мясных полуфабрикатов осуществляется после термической обработки, что исключает микробиологические загрязнения продукта. Для сырого мяса используют термоусадочную пленку фирмы POLYXFILMS, производства России, также применяется пленка других производителей (Казахстан и Турция). Применяемая пленка – это комбинированный материал, на основе термопластичных материалов (полиэтилена высокого давления, полипропилена, полистирола). [10]. Такая упаковка характеризуется повышенной прочностью, эластичностью, газонепроницаемостью и хорошо сохраняет органолептические свойства мясных полуфабрикатов. Высокая усадка делает запакованные продукты компактными, эффективно препятствует соковыделению из продукта, что способствует сохранению эстетичного внешнего вида и продлению срока хранения [2].

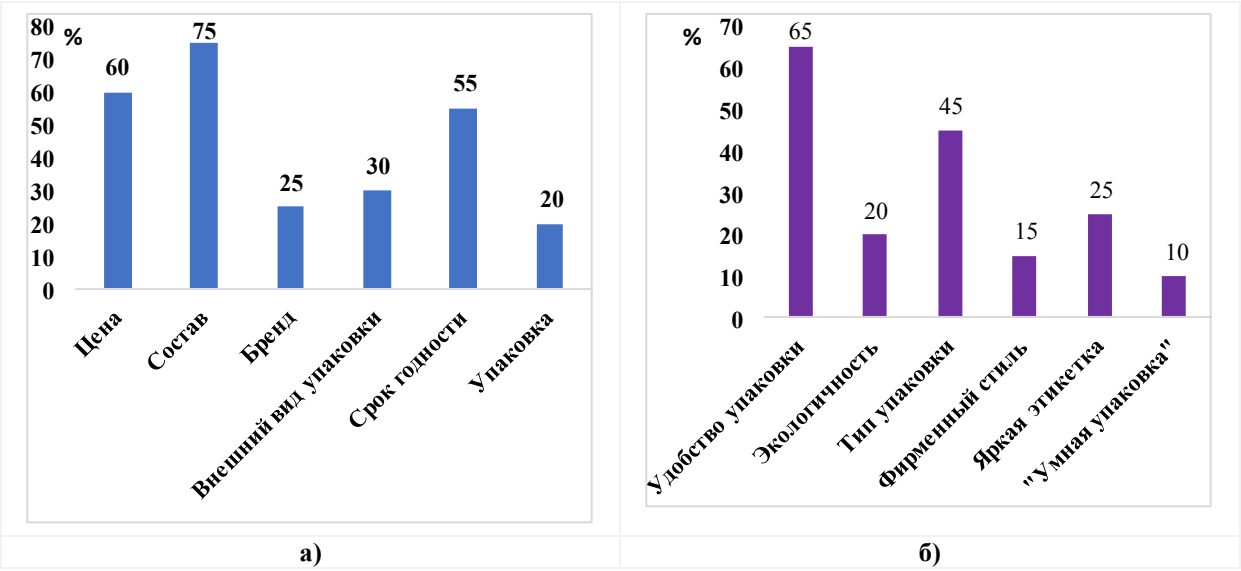
Упаковка полиблоками используется для продукции, ориентированной на отгрузку, заворачивается в целлофан или другую пищевую плёнку и помещается в короба из гофрированного картона или крафт-мешки. В таком виде изделие поступает на склады торговых сетей и организации общественного питания. Упаковка с применением модифицированной газовой среды используется для порционной фасованной продукции – колбасных изделий и ветчины (25% ассортимента мясных изделий ООО «Знаменский СГЦ»).

Таблица 1 – Ассортимент мясных полуфабрикатов

Наименование	Внешний вид	Упаковка	Фасовка продукта, max/min, кг	Срок хранения
Рагу свиное охлажденное		Термоячейка	11,9/2,4	14 суток
Рагу свиное замороженное		Полиблок	18-20	180 суток
Котлетное мясо свиное охлаждённое		Термоячейка	5,9	14 суток
Котлетное мясо свиное замороженное		Полиблок	20	180 суток
Ребрышки пряные в маринаде		Вакуумная	≈ 1,5	14 суток
Свинина для запекания		Вакуумная	≈ 1,3	14 суток
Шашлык «Экстра»		Вакуумная	≈ 1,5	14 суток
Фарш: «Экстра», «Домашний», «Котлетный»		Полиамидная оболочка	1	8 суток
Колбаски гриль		Вакуумная	≈ 0,6	8 суток

В процессе выполнения работы определили роль упаковки в формировании потребительских мотиваций и предпочтений при выборе мясных полуфабрикатов. Исследовали основные факторы, влияющие на восприятие потребителями данной продукции. Опрос показал, что мясные полуфабрикаты чаще всего приобретают работающие люди в возрасте от 24 до 46 лет. Это связано с их ценовой доступностью и возможностью экономить время на приготовление пищи. Большинство потребителей (52%) предпочитают покупать упаковки массой около 0,5 кг. 30 % опрошенных выби-

рают фасовку 1 кг, остальные берут продукты массой около 2 кг, рассчитывая на компанию из 5-6 человек. 71 % потребителей приобретают мясные охлажденные полуфабрикаты 1-2 раза в неделю, предпочитая местных производителей. Распределение основных критериев потребительских предпочтений представлено на рисунке 1.



а) б)

Рис. 1 – Критерии потребительских предпочтений:
а) при выборе мясных полуфабрикатов; б) при оценке упаковки продукта

При выборе мясных полуфабрикатов основополагающими критериями является состав продукта, его стоимость и свежесть (срок годности). 30 % респондентов оценивают внешний вид, а 25 % опрошенных отмечают узнаваемость бренда. Упаковка является дополнительным фактором оценки потребительской привлекательности мясных полуфабрикатов. Среди основных характеристик респонденты отметили удобство упаковки, тип упаковки, а также наличие яркой этикетки, привлекающей внимание на полках магазина. Экологичность упаковки пока не является ключевым фактором при выборе мясных полуфабрикатов, однако 20 % покупателем важна эта характеристика. Некоторые потребители отметили обязательное присутствие фирменного стиля и наличие трендовой «умной» упаковки. Потребителей, предпочитающих современные виды упаковки, оказалось 10%. Остальные респонденты не владели информацией о современных и инновационных способах упаковки мясных полуфабритктов.

Также покупатели отметили основные недостатки упаковки мясных продуктов (рисунок 2).

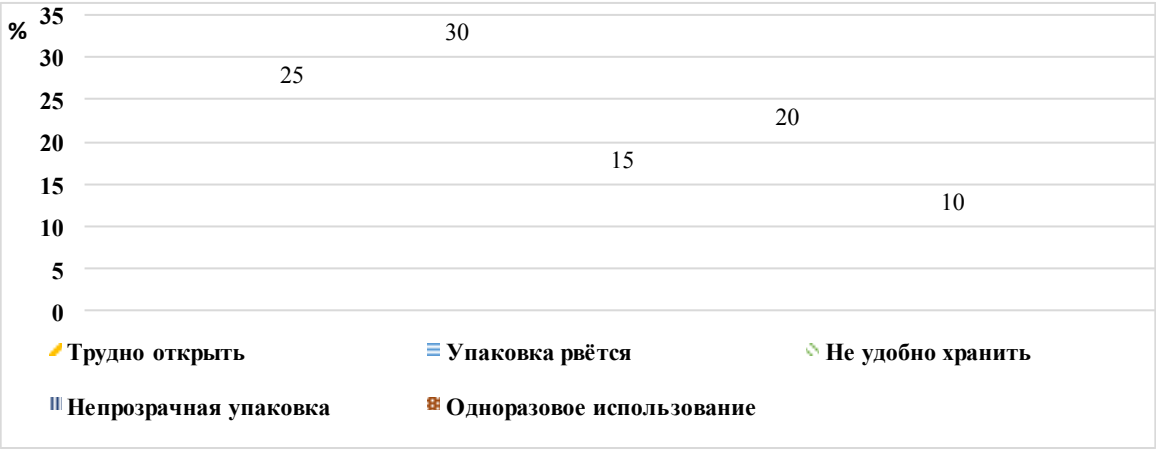


Рис. 2 – Недостатки упаковки, количество респондентов, %

Для некоторых опрошенных трудность представляет открытие вакуумных и плотных пакетов, а также отсутствие возможности повторно закрыть и хранить после вскрытия. В некоторых случаях упаковка повреждается, что приводит к потере внешнего вида. Для уменьшения этих недостатков возможно добавить ярлычки для вскрытия упаковки, использовать zip-лок или клейкие клапаны для

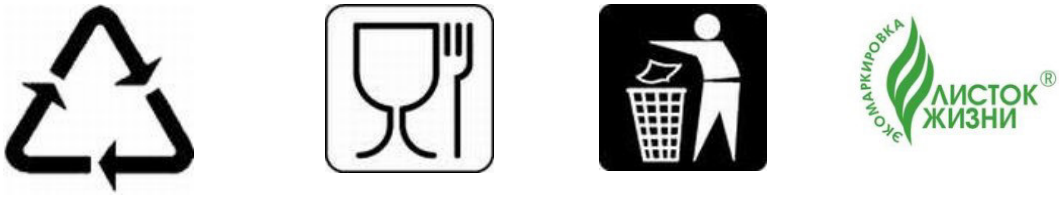
повторного закрытия, усилить материалы в зонах разрыва (например, двойные швы) [11]. Готовность платить за улучшенную упаковку выразили 40 % опрошенных, если упаковка станет удобнее или экологичнее, 50 % респондентов высказались против увеличения стоимости, для них цена продукта важнее. Для бюджетного сегмента возможно улучшить упаковку без увеличения цена, например, используя простую перфорацию. Использование «умной» и экологичной упаковки (перерабатываемые пластиковые лотки, биоразлагаемая плёнка, зона разморозки) может значительно повысить себестоимость.

Результаты анкетирования позволяют определить роль упаковки в формировании потребительского поведения при покупке мясных полуфабрикатов. Эти продукты пользуются устойчивым спросом, важную роль играет цена и состав продукта. Важными аспектами при выборе упаковки являются её вид и удобство. На фоне повышения конкуренции, производители готовы предложить трендовые виды упаковки, включающие биоразлагаемые пленки, «умную» упаковку и порционирование. 30% потребителей выразили готовность платить немного больше за продукцию, упакованную в соответствии с современными тенденциями.

В рамках исследовательской работы проведена оценка применяемых упаковочных материалов при реализации мясных полуфабрикатов ООО «Знаменский СГЦ». Визуальная, графическая составляющая служит одним из ключевых факторов запоминания и узнаваемости бренда в глазах потребителя. Производитель использует яркий бирюзовый цвет в дизайне упаковки и этикеток для привлечения внимания покупателей. Этикетка на продукте – это ключевой инструмент маркетинга, коммуникации с потребителем и даже фактор доверия. Дизайн этикетки определяет первое впечатление о продукте и возможность выделиться среди конкурентов. Этикетка должна чётко указывать состав (без «скрытых» ингредиентов вроде соевого белка). Срок годности и условия хранения особенно важны для мясных продуктов. Доверие у покупателей также вызывают знаки качества («ГОСТ», «Без ГМО», «Натуральное мясо», «Органик»). Узнаваемый стиль как у «Знаменский СГЦ» делает бренд запоминающимся.

Учитывая высокий уровень конкуренции среди региональных производителей, чьи продукты традиционно воспринимаются покупателями как более качественные и безопасные, возможно привлечение новых потребителей. При выборе упаковки мясных полуфабрикатов основные акценты должны быть сделаны на внешнем виде, дизайне и фирменном стиле производителя. Дизайн упаковки должен сочетать минималистичный стиль с лаконичной графикой. Чистая, не перегруженная элементами бренд-зона помогает выделить продукт на полке. Цветовой контраст, например использование красного, желтого и зеленого цветов может привлечь внимание покупателя, создавая запоминающийся образ, а добавление голубого цвета помогает сбалансировать яркий дизайн. Также может быть выбран зеленый цвет, символизирующий свежесть и натуральность продукции. При этом возможно гармоничное сочетание с белыми акцентами, что повышает уровень доверия к продуктам бренда.

На упаковке мясных полуфабрикатов, вырабатываемых в ООО «Знаменский СГЦ», можно использовать некоторые виды экологических знаков (рисунок 3).



Знак перерабатываемого пластика | Нетоксичный материал | Упаковку следует выбросить | Экомаркировка

Рис. 3 – Специальные знаки на этикетке мясной продукции

Так как упаковка товара выполняет в первую очередь информационную функцию, то название марки должно быть представлено на русском языке. При этом использование крупного шрифта и насыщенных цветов привлекают внимание при покупке мясных изделий, а прозрачная упаковка дает возможность оценить внешний вид товара перед покупкой. В рамках обновления бренда должен измениться визуальный ряд: упаковка станет более чистой и лаконичной, а логотип приобретет большую выразительность, что улучшит его восприятие на полке. Упаковка продукции, выработанной в соответствии с ГОСТ, должна быть выполнена в более строгом стиле: лаконичный шрифт, крупная эмблема, указаны рациональные преимущества. Дополнительно на этикетку можно включить QR-коды с рецептами или историей производства. Перспективным направлением является применение системы адаптации фирменного стиля. Например, для каждой линейки продуктов подобрать соответствующий цвет: базовая линейка выполнена на зеленом фоне, «гриль» – в сочетании черного цвета и текстуры дерева, а для деликатес-

ной серии – бордовый фон, раскрывающий богатство палитры вкусов.

Выводы. Проведенные исследования свидетельствуют о значительной роли упаковки при выборе мясных полуфабрикатов. Избирательность потребителей в условиях большого количества брендов мясной продукции подтверждает актуальность применения современных упаковочных решений для мясных полуфабрикатов, производимых ООО «Знаменский СГЦ». Важным аспектом в продлении сроков хранения пищевых продуктов является применение активной и интеллектуальной упаковки, которая может содержать антиоксиданты или консерванты, замедляющие процесс порчи. Изменение внешнего вида упаковки мясных полуфабрикатов привлекут покупателей, ориентированных на современные тренды, что позволит региональному бренду ООО «Знаменский СГЦ» укрепить свои позиции.

Литература

1. ***Тренды в упаковке мяса 2025: устойчивые материалы и новые ГОСТ.*** URL: https://www.ramen.ru/news/14281/?ysclid=mmcd423km0303374553 (дата обращения 10.02.2026)
2. ***Зинина О.В.*** Современные методы и средства упаковывания полуфабрикатов / О.В. Зинина, Я.М. Ребезов, К.С. Рязанова, Е.В. Фролова, Ф.Х. Смольникова // Международный студенческий научный вестник, 2015. – №6. – С. 50-57.
3. ***Вагин А.В.*** Smart-упаковка: красивая и «умная» // А.В. Вагин, Н.Ф. Ефремов // Мясные технологии. – 2010. – № 6 – С. 38-40.
4. ***Достижения и перспективы развития полимерной упаковки мяса и полуфабрикатов*** / А. А. Семенова, В. В. Насонова, Н. М. Ревуцкая [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. – № 3. С. 161–174.
5. ***Ревуцкая Н.М.*** Тенденции в сфере упаковки мяса и мясной продукции / Н.М. Ревуцкая, В.В. Насонова // Всё о мясе, 2020. – №3. – С.32-35.
6. ***Дьяконова К.Е.*** Интеллектуальная упаковка пищевых продуктов с применением нанотехнологий / К.Е. Дьяконова, А.В. Куренщиков // Актуальные исследования, 2023. – №52-1 (182). –. 13-17.
7. ***Домазакис Э.*** Легкооткрываемая упаковка для термообработанного продукта на мясной основе: патент №179104; заявка на изобретение 2017109849; опубл. 26.04.2018, бюл. №12 – 7 с.
8. ***Адыров А., Мамиконян М., Погосян А.*** Способ упаковки мясных продуктов с повышенными положительными температурами: патент РФ №2568132; заявка на изобретение №2014101141/13; опубл. 10.11.2015, бюл. №31 – 6 с.
9. ***Лисицын А.Б. и [др.]*** Пищевая коллагеновая пленка антимикробного действия: патент РФ №2554448; заявка на изобретение №2013142615/13; опубл. 27.06.2015, бюл. №18 – 6 с.
10. ***Евдокимова О.В.*** Тара и упаковка: учебное пособие / О.В. Евдокимова, Е.Н. Демина, О.В. Сафронова, Н.В. Серегина. Орел: ОГУ имени И.С. Тургенева, 2019 – 90 с.
11. ***Демина Е.Н.*** Способ сохранения качества мясного сырья при приготовлении концентратов обеденных блюд быстрого приготовления / Е.Н. Демина, А.П. Симоненкова, А.О. Соловьева // Ползуновский вестник, 2024. - №2. – с. 66-72.

Поступила в редакцию: 10.04.2026 г.
Принята к публикации: 20.05.2026 г.

Демина Екатерина Николаевна, к.т.н., доцент (e-mail: deminakate1@yandex.ru), **Артемова Елена Николаевна**, д.т.н., профессор, **Демина Варвара Алексеевна**, студент. ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Российская Федерация

Специальности и отрасли наук
журнала «Биология в сельском хозяйстве»

Согласно рекомендации президиума ВАК, распоряжением Минобрнауки России от 11 декабря 2023 года № 428-р издание «Биология в сельском хозяйстве» включено в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по следующим специальностям и отрасляим наук:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки),
4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки),
4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (биологические науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки),
4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки),
4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки),
4.3.3. Пищевые системы (технические науки)

Для заметок.

Наука и образование