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

Biology in Agriculture

Биология в сельском хозяйстве

4, 2025

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. Парахин»

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

scientia, virtus, libertas

≡ Russian Federation ≡

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
Ярован Н.И., д. б. н., профессор

Соловьева А.О.,
к т.н., секретарь

Содержание стр.

Актуальные вопросы зоотехнии и ветеринарии

Шендаков А.И., Шендакова Т.А., Ляшук Р.Н. Анализ результатов селекционно-племенной работы, изменения генеалогической структуры стада и генетических особенностей быков-производителей голштинской породы в ЗАО «Славянское» Орловской области в 2022-2025 году (***Shendakov A.I., Shendakova T.A., Lyashuk R.N.*** *Analysis of the results of selection and breeding work, changes in the genealogical structure of the herd and genetic characteristics of Holstein breeding sires at Slavyanskoye CJSC in the Oryol Region in 2022-2025*)..... 2

Чевтаева Н.Д. Взаимосвязь полиморфных вариантов гена *KCNB1* на продуктивные качества и физико-химические свойства молока при применении в рационе пробиотической добавки «КЛЮВЕР ПРО» (***Chevtaeva N.D.*** *Association of polymorphic variants of the KCNB1 gene with productive traits and physicochemical properties of milk under the inclusion of the probiotic supplement «KLUVER PRO» in the diet*)..... 12

Мурленков Н.В., **Шендаков А.И.**, **Крюков В.И.** Использование методов многомерной статистики для оптимизации селекционного подбора быков-производителей (***Murlenkov N.V., Shendakov A.I., Krukov V.I.*** *Application of Multivariate Statistics to Optimize the Selection of Breeding Bulls*)..... 18

Гнеушева И.А., Лушников А.В., Солохина И.Ю., Ермакова Н.В., Воронкова М.В. Оптимизация состава природных сахаросодержащих сред для биосинтеза лизина микробными продуцентами (***Gneusheva I.A., Lushnikov A.V., Solokhina I.Yu., Ermacova N.B., Voronkova M.V.*** *Optimization of the composition of natural sugar-containing mediums for biosynthesis of lysine by microbial producers*)..... 24

Ярован Н.И., Ивлева Н.А., Маркина В.Н. Применение болюсов на основе прополиса и родиолы розовой при железодефицитных состояниях у коров (***Yarovan N.I., Ivleva N.A., Markina V.N.*** *Use of propolis and rhodiola rosa boluses in corps with iron deficiency*)..... 29

Козлов С.В., Строгов В.В., Мариничева М. П., Древко Я.Б., Манаенкова Ю. В., Денисова Н.И., Шелковая А.А. Изучение химико-фармацевтических и токсикологических свойств новой инъекционной формы гепатопротекторного препарата (***Kozlov S.V., Strogov V.V., Marinicheva M.P., Drevko Ya.B., Manaenkova Yu.V., Denisova N.I., Shelkovaya A.A*** *Study of chemical-pharmaceutical and toxicological properties of a new injectable form of a hepatoprotective drug*)..... 33

Актуальные вопросы растениеводства

Горькова И.В., Шатохин К.А., Горьков А.А., Яковлева И.В. Влияние биоорганических удобрений на структурные элементы продуктивности яровой пшеницы в условиях полевого опыта (2024-2025 гг.) (***Gorkova I.V., Shatokhin K.A., GorkovA.A., Yakovleva I.V.*** *Influence of bioorganic fertilizers on the structural elements of spring wheat productivity under field experiment conditions (2024–2025)*)..... 38

Евдакова М.В., Резвякова С.В. Кормовые показатели и урожайность зерна среднеранних гибридов кукурузы (***Evdakova M. V., Rezvyakova S. V.*** *Feeding indicators and grain yield of mid-early corn hybrids*)..... 44

Актуальные вопросы производства и переработки с.-х. продукции

Лазарева Т.Н., **Мурленков Н.В.**, **Киреева О.С.** Оптимизация рецептуры пельменей с использованием растительной биологически активной добавки (***LazarevaT.N., Murlenkov N.V., Kireeva O.S.*** *Optimization of Dumpling Formulation Using a Plant-Based Biologically Active Additive*)..... 48

Шагиахметова А.Р., Гумеров Т.Ю., Мингалеева З.Ш. О некоторых особенностях питания сотрудников спасательной службы (***Shagiakhmetova A. R., Gumerov T. Yu., Mingaleeva Z. Sh.*** *About some features of nutrition for rescue service employees*)..... 52

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: 11.12.2025 г. **Подписано в печать:** 18.12.2025 г. **Дата выхода:** 25.12.2025 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: Beautiful views of winter (clck.ru/3QKxEQ)
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, 2025

УДК 636.2.034

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

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ СЕЛЕКЦИОННО-ПЛЕМЕННОЙ РАБОТЫ, ИЗМЕНЕНИЯ ГЕНЕАЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТАДА И ГЕНЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В ЗАО «СЛАВЯНСКОЕ» ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2022-2025 ГОДУ

(Analysis of the results of selection and breeding work, changes in the genealogical structure of the herd and genetic characteristics of Holstein breeding sires at Slavyanskoye CJSC in the Oryol Region in 2022-2025)

Изучение генеалогии в стадах молочного скота имеет большое значение. В научной статье проведён анализ результатов селекции, изменения генеалогической структуры стада и генетические коды голштинских быков-производителей «Альта Дженетикс Раша» в ЗАО «Славянское» Орловской области с 2022 по 2025 год. Рекомендовано следующее: 1) при закреплении быков-производителей в линии Вис Бэк Айдиал 1013415 в последнее время активно использовалось семя AltaZTIME 3243355419 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaFASTPRIZE 3247843746 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaREGULATE 325219793 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaPIZZAZZ 3251555560 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaHAJI 3250026081 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), отцом отцов которых является AltaZAZZLE 3200824445, происходящий от MARIUS 12609177, который является прадедом (ООО) быков-производителей AltaOLAF 3150701313, CAFFEINE-P 3151588884 и AltaOCON 3224956217. С целью предотвращения умеренного и близкого инбридинга следует особенно тщательно составлять родительские пары и в ближайшей перспективе обратить внимание на быков-производителей из других ветвей; 2) продолжить проведение молекулярно-генетической экспертизы разводимого племенного поголовья, в соответствии с современными требованиями к ведению селекционно-племенной работы.

Ключевые слова: голштинская порода, генеалогия, линии, быки-производители.

Genealogy studies in dairy herds are of great importance. This scientific article analyzes the results of selection, changes in the herd's genealogical structure, and the genetic codes of Holstein sires bred by Alta Genetics Russia at Slavyanskoye CJSC in the Oryol Region from 2022 to 2025. The following is recommended: 1) when fixing the stud bulls in the line Vis Back Ideal 1013415, the semen of AltaZTIME 3243355419 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaFASTPRIZE 3247843746 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaREGULATE 325219793 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaPIZZAZZ 3251555560 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaHAJI 3250026081 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY) has been actively used recently, the father of the fathers of which is AltaZAZZLE 3200824445, descended from MARIUS 12609177, who is the great-grandfather (OOO) of the sires AltaOLAF 3150701313, CAFFEINE-P 3151588884 and AltaOCON 3224956217. In order to prevent moderate and close inbreeding, it is necessary to select parent pairs especially carefully and in the near future pay attention to sires from other branches; 2) continue conducting molecular genetic examination of the bred breeding stock, in accordance with modern requirements for selection and breeding work.

Key words: Holstein breed, genealogy, lines, bulls-sires

В современной селекции молочного скота имеет большое значение оценка племенных качеств быков-производителей [2, 5, 6], изучение генеалогии стада и наличия скрытых генетических аномалий [3, 12, 13], особенно это важно для голштинской породы [1, 4], быки-производители в которой нередко являются близкими родственниками, хотя и их семя реализуется разными племенными предприятиями [14, 15]. Важность использования национальных племенных ресурсов в настоящее время выходит на первый план [5, 6, 7, 8, 9, 11], однако селекция требует совершенствования методов [10], а изучение генеалогических и генетических особенностей быков-производителей голштинской породы, используемых в регионах России, представляет практический интерес. В связи с этим ***целью*** наших исследований был анализ результатов селекционно-племенной работы, изменения генеалогической структуры стада и генетических особенностей быков-производителей голштинской породы в в ведущем племенном заводе Орловской области ЗАО «Славянское» в 2022-2025 году. В задачи проводимой работы входило следующее: 1) провести анализ изменений количественных и качественных показателей в процессе реализации плана селекционно-племенной работы; 2) изучить изменения в генологической структуре стада и скорректировать генеалоги-

ческие схемы быков-производителей, используемых в стаде; 3) рассмотреть генетические коды и гаплотипы быков-производителей 3) дать предложения по дальнейшему разведению поголовья в племенном заводе.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в период с 2022 по 2025 год в ЗАО «Славянское» Орловской области. В работе применялись общепринятые зоотехнические методы, в т. ч. генеалогический. Для данного предприятия нами разработан план селекционно-племенной работы сроком на 5 лет (2022-2026), одобренный МСХ РФ. Для определения происхождения быков-производителей был использован сайт «Альта Дженетикс Раша» (https://www.altagenetics.ru/) [14], сайт головного центра по воспроизводству сельскохозяйственных животных (https://oaohcr.ru/) [15] и др. В работе были учтены рекомендации Ассоциация производителей КРС голштинской породы [16]. База данных была проанализирована в «M. Excel».

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования показали, что основные количественные и качественные показатели селекционно-племенной работы в стаде возросли или остались на прежнем уровне. На начало 2023 года увеличилось поголовье до 1405 голов, а рентабельность молочного скотоводства достигла 60%. Обращаясь к данным племенного плана и истории разведения скота в организации, следует отметить, что основная масса коров и первотёлок на протяжении ряда лет выбраковывалась по схожим причинам. Ситуация существенно не изменилась к 2022 году, когда из стада было выбраковано 349 голов коров и 90 первотёлок, в том числе 112 коров – по причине гинекологических заболеваний, 27 – по причине болезней вымени, 74 – по причине заболеваний конечностей, 79 голов – по прочим причинам. Средний возраст выбытия коров стада на 1 января 2022 года составил 2,7 отёла.

Анализ показывает, что хозяйство остаётся благополучным по инфекционным заболеваниям, включая лейкоз, бруцеллёз, туберкулёз и пр. инфекционные заболевания. При этом на 01.01.2023 года в стаде увеличилась интенсивность обора по низкой продуктивности, уменьшилось количество выбывших коров по причине гинекологических заболеваний. Средний возраст выбытия коров увеличился до 3,0 отёлов.

За анализируемый период поголовье в стаде стабильно превышало 1200 голов, в том числе в стаде разводили до 800 коров дойного стада. Так, на 01.01.2023 года из 1270 голов скота все головы были отнесены к классу элита-рекорд. К этому году в ГКПЖ было записана 61 голова, 395 голов было протестировано иммуногенетически, 225 – в отчётный период. На 01.01.2023 года в стаде увеличилось количество тёлок в возрасте 12-18 месяцев – 177 голов.

На 01.01.2023 года наибольшее количество коров в стаде было по 1 отёлу (331 голова) и 2 отёлу (196 голов), по 4-5 отёлу – 92 голова. Средний возраст в отёлах остался на прежнем уровне – 2,1. Средний возраст при отёле сократился до 708 дней.

Важно отметить, что в стаде 01.01.2022 года наблюдалось интенсивное увеличение удоев от 1 к 3 лактации. При этом следует отметить высокий уровень содержания белка в молоке – до 3,29%. Все пробонитированные животные были отнесены к чистопородным и IV поколению.

Согласно данным бонитировки, на 01.01.2023 года в стаде были получены высокие результаты по удоям всех лактаций, в т.ч. по 3 лактации удой составил 11848 кг молока, увеличилась жирность молока до 3,97%. Живая масса коров по всем трем лактациям стала выше в среднем на 5 кг. Полученные результаты объясняются реализацией запланированных мероприятий. Это также положительно отразилась на распределении коров по удоям и жирности молока, по удоям и содержанию белка в молоке за последнюю законченную лактацию.

На 01.01.2023 года в стаде насчитывалось уже 433 коровы со скоростью молокоотдачи от 2,00 до 2,29 кг/мин, средняя скорость молокоотдачи составила 2,15 кг/мин, средний удой составил 31,4 кг молока, т.е. в стаде вполне очевидна стабильность данного селекционного признака за последние пять лет использования голштинской породы. При этом хорошие показатели, характеризующие качество вымени голштинских коров, на предприятии сохранены и имеет тенденцию к улучшению.

Согласно анализу, на 01.01.2023 года основная часть тёлок была осеменена в возрасте до 18 месяцев – 299 голов. Количество осеменений на одно оплодотворение среди коров осталось на прежнем уровне 2,6, а среди тёлок составило 2,1, что близко к средним показателям за 5-6 лет разведения.

Из 621 учитываемой при бонитировке коровы 114 голов имели продолжительность сервис-периода 90-120 дней. Средняя продолжительность сервис-периода осталась на прежнем уровне – 123 дня, продолжительность сухостоя – 64 дня. Выход живых телят составил 85 на 100 коров, однако этот показатель стал выше, чем в 2018 и 2019 году.

Из проведенного анализа следует, что в хозяйстве по ряду показателей воспроизводства были достигнуты хорошие и удовлетворительные показатели, характерные, в целом, для высокоудойного голштинского скота. Так, на 01.01.2023 года в хозяйстве к 18 месяцам тёлки достигали 430-450 кг и выше. Это является хорошим показателем для голштинской породы. При этом в 10 месяцев тёлки весили до 288 кг, в 12 – 330 кг и более.

Как отмечено в плане селекционно-племенной работы, формирование стада предприятия особенно активно проходило в течение последнего десятилетия, за этот период изменялись продуктивные и селекционно-генетические качества животных. В стаде использовали в основном семя быков, принадлежащих линии В.Б. Айдиал, Р. Соверинг и М. Чифтейн.

Анализ показывает, что в последние годы наибольший удельный вес в структуре стада занимала линия В. Б. Айдиал и Р. Соверинг. Так, на 01.01.2021 года в маточном стаде содержалось 534 головы линии Р. Соверинг и 597 голов линии В.Б. Айдиал. Незначительное количество голов было представлено животными линий М. Чифтейн и Пабст Говернер. Однако

следует отметить, что стадо было представлено практически двумя линиями – В.Б. Айдиал и Р. Соверинг.

На 01.01.2022 года в стаде линии Рефлекшн Соверинг 198998 принадлежало 574 головы маточного стада, из которых к первотёлкам было отнесено 177 голов, к тёлкам всех возрастов – 231 голова. К линии Вис Бэк Айдиал 1013415 было отнесено 636 животных маточного поголовья, из которых 113 – первотёлки, 207 – тёлки всех возрастов. При этом в линии было 178 быков-отцов, в линии Рефлекшн Соверинг 198998 – 111 быков-отцов, всего по породе – 299 быков-отцов.

Анализ новых данных показал, что на 01.01.2023 года генеалогическая структура стада осталась без существенных изменений. Доля маточного поголовья линий В.Б. Айдиал и Р. Соверинг была примерно равной, хотя при этом в сравнении с предыдущими годами доля всего маточного поголовья линии Р. Соверинг выросла до 50,5%, по коровам всех возрастов – до 49,1%.

Тёлки всех возрастов (n=470) были представлены двумя линиями – В.Б. Айдиал и Р. Соверинг (53 и 47% соответственно). Это обращает на себя внимание, поскольку данный факт может привести к тому, в стаде будут разводиться животные только двух линий. При этом, согласно нашему анализу, приведённому в плане племенной работы, по целому ряду продуктивных признаков животные этих линий достоверно не отличаются.

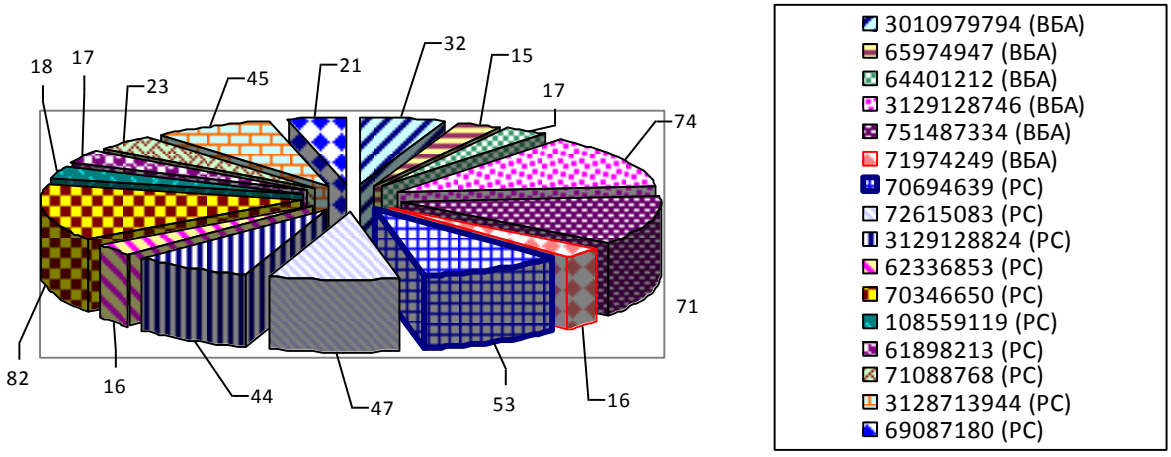


Рис. 1 – Быки-производители разных линий, внёсшие наибольший генетический вклад в формирование маточного стада на 01.01.2022 *(В.Б.А. - В.Б. Айдиал, Р.С. - Р. Соверинг)*

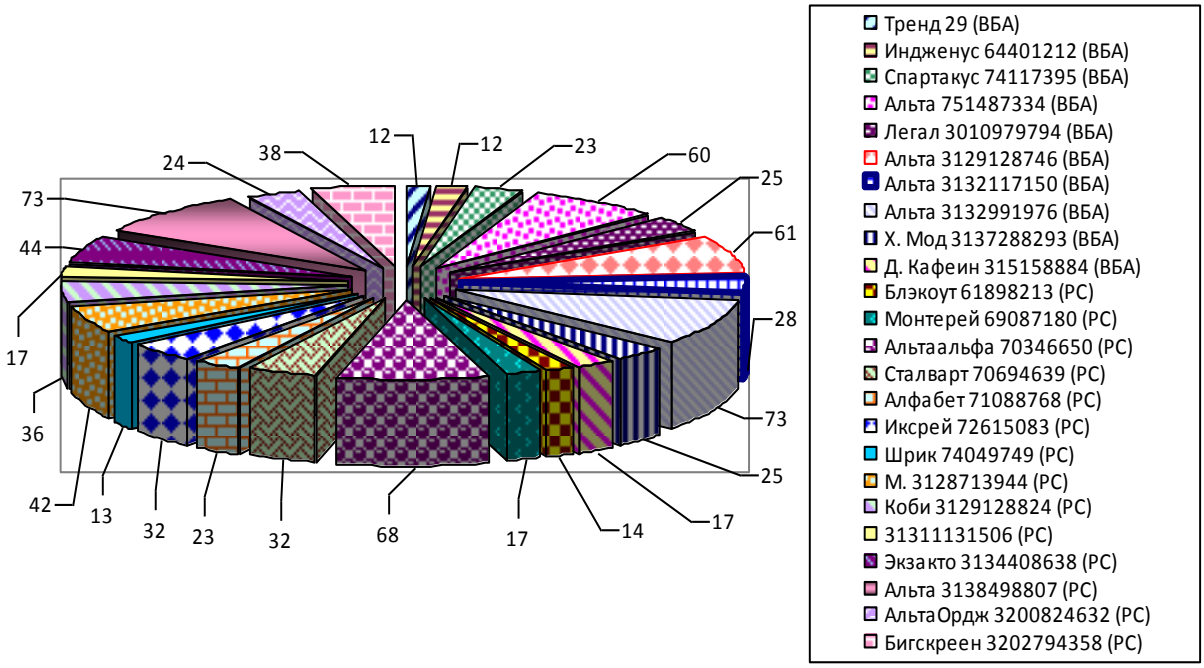


Рис. 2 – Быки-производители разных линий, внёсшие наибольший генетический вклад в формирование маточного стада на 01.01.2023 *(В.Б.А. - В.Б. Айдиал, Р.С. - Р. Соверинг, на рисунке представлены быки-производители с количеством дочерей 12 и более)*

В плане племенной работы нами отмечено, что генеалогическая структура стада в последние годы была представлена преимущественно быками-производителями, семя которых реализовывало ООО «Альта Дженетикс Раша» и ООО «Центрплем» (см. рис. 1 и 2) данного дополнения.

Анализ данных за первый год реализации плана селекционно-племенной работы показывает, что на 01.01.2023 года наибольшее количество маточного поголовья было представлено животными, полученными от быков-производителей, которые указаны на рисунке 2. Общее количество быков-отцов по-прежнему осталось на высоком уровне, что говорит о применяемом индивидуальном подборе.

В отличие от 2021 года в 2022 году в линии В.Б. Айдиал генеалогическая структура по отцам с разным количеством дочерей немного изменилась, в т. ч. увеличилось количество быков-производителей, от которых 15 дочерей и выше (10 быков-производителей). Сократилось количество быков-производителей, от семени которых было получено от 1 до 4 дочерей (см. рис. 3).

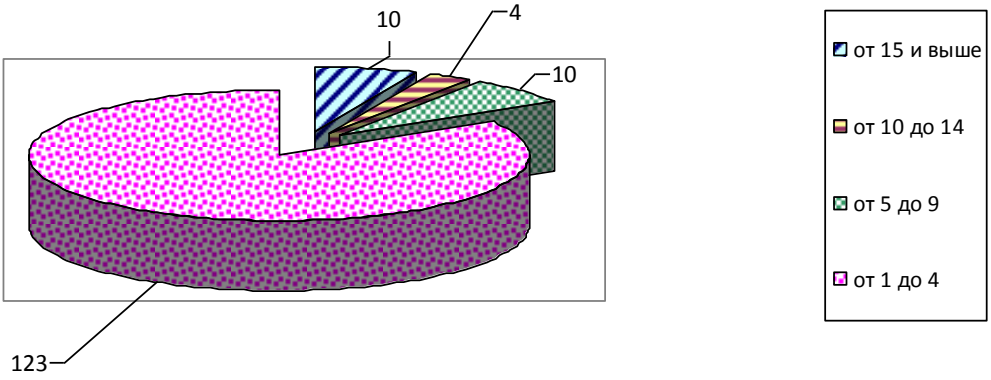


Рис. 3 – Градация количества быков-производителей с разным количеством дочерей в линии В.Б. Айдиал в 2022 году (n=147)

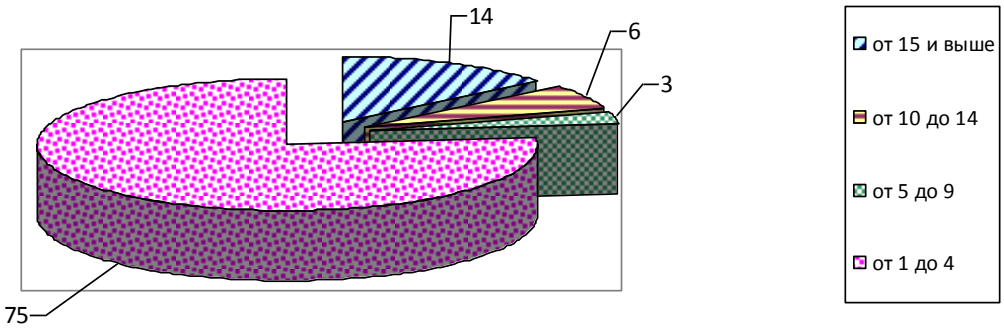


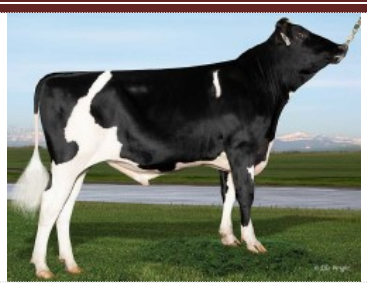
Рис. 4 – Градация количества быков-производителей с разным количеством дочерей в линии Р. Соверинг в 2022 году (n=98)

Аналогичная ситуация наблюдалась в линии Р. Соверинг (см. рис. 4): в стаде увеличилось количество быков-производителей с 15 дочерями и более (14 быков-производителей). У большинства быков-производителей было от 1 до 4 дочерей.

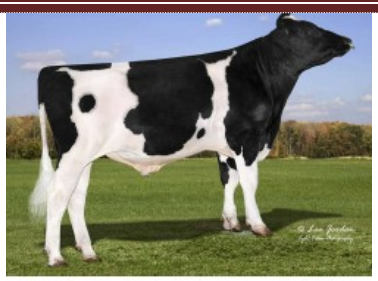
Наибольшее количество тёлок в линии Вис Бэк Айдиал 1013415 в этот период было получено от быков-производителей Альта 3132117150, Альта 3132991976, Х. Мод 3137288293 и Д. Кафеин 315158884.В линии Рефлекшн Соверинг 95679 тёлки были представлены следующими отцами – 31311131506, Экзакто 3134408638, Альта 3138498807, АльтаОрдж 3200824632 и Бигскреен 3202794358.

В целях минимизации инбридинга для предприятия нами были разработаны генеалогические схемы быков-производителей линий Вис Бэк Айдиал 1013415 и Рефлекшн Соверинг 95679 с наибольшим генетическим вкладом в стадо, дочери которых имели в 2022 году законченную первую лактации (схемы с учётом закрепляемых по годам быков-производителей представлена далее). Приведённые данные независимо и своевременно также были учтены специалистами ООО «Альта Дженетикс Раша», составившими план индивидуального подбора быков-производителей для стада ЗАО «Славянское».

Анализ родословных быков-производителей, семя которых используется в настоящее время в хозяйстве, позволяет, между тем, подтвердить, что потенциал удоев их материнских предков составляет от 11000 до 20000 кг молока. Все предки быков-производителей, как и сами производители, прошли генетическую экспертизу на аномалии, включая BLAD и CVM. Определён генотип быков-производителей по гену каппа-казеина и пр.



AltaNEW TWIST
011HO15698



AltaHAWTHORN
011HO15061



AltaSUPERNATURAL
011HO15703



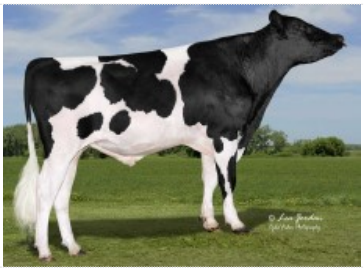
AltaSULIEN
011HO15430



AltaDONATI
011HO16114



AltaVEREN
011HO15821



AltaHIGH END
011HO15424



AltaESCAPE
011HO12302



AltaFIRETIGER
011HO15867



AltaKELAN
011HO15589



AltaZINGLER
011HO15559



AltaDREAMDATE
011HO15935

Рис. 5 – Быки-производители голштинской породы ***(Примечание: приведённые здесь и далее быки-производители и их дочери представлены на сайте https://www.altagenetics.ru/)*** **[15], внёсшие наибольший генетический вклад в формирование стада в 2022 году**

Большинство быков-производителей имеют американское происхождение, отдельные – канадское и европейское (см. рис. 5). Проанализированные родословные дают достаточно широкое представление о направлении селекционной работы по подбору быков-производителей к стаду. Предпочтение отдавалось животным с высоким потенциалом молочной продуктивности, высокой живой массой и хорошими показателями экстерьера, желательными для улучшения маточного поголовья в хозяйстве. Примером могут быть фотографии быков-производителей AltaOLAF 3150701313 и AltaJUMP CUT 3143806809 на рис. 6, внёсшие существенный вклад в генеалогию стада в 2022 году, а также их дочери, приведённые на сайте *https://www.altagenetics.ru/)* [15].

Вместе с тем, оценка родительских индексов быков-производителей (РИБ) показала, что по потенциалу удоев он равен более 12000 кг молока, по жирности молока – до 4,00-4,10%, по процентному содержанию белка в молоке – 3,30-3,40%. Отсюда следует, что потенциал признаков молочной продуктивности в стаде высокий, а процесс его реализации требует совершенствования дальнейшей селекционно-племенной работы в стаде.

Анализ изменений генеалогической структуры стада в 2024-2025 г. Анализ показывает, что в линии Вис Бэк Айдиал 1013415, согласно данным бонитировки на 01 января 2025 года, наибольшее количество дочерей использовалось от быков-производителей: AltaHAWTHORN 13227660 и AltaFIRETIGER 3219939630 (по 71 дочери у каждого,

в т.ч. коровы и тёлки), AltaESCAPE 3140616363 (n=67), AltaNEW TWIST 3212150530 (n=61), AltaNITRO 3132991976 (n=53), AltaJURGEN 3200824071 (n=51), AltaZINGLER 3213001126 (n=35), AltaKELAN 3211377963 (n=35), AltaTURNKEY 3129128746 (n=33),AltaGIVEAWAY 13165419 (n=33), AltaHELICON 751487334 (n=33), AltaDREAMDATE 3213001209 (n=31), AltaCHAVO 3207349716 (n=28), CAFFEINE-P 3151588884 (n=21), CADE 3137288293 (n=18), AltaFEISTY 3132117150 (n=17), SPARTACUS 74117395 (n=13).



AltaOLAF 3150701313 линии Вис Бэк Айдиал 1013415



Bubecca AltaOLAF Vento VG86 Soc.Agr. I Tigli Holstein Di Busi; Pv, Italy



Ansal Olaf Norma Ansal Holstein Farm; Italy



AltaJUMP CUT 3143806809 линии Р. Совеpинг 198998



MGD: Fairmont Tuffenuff Ridge-ET



MGD: Fairmont Tuffenuff Ridge-ET

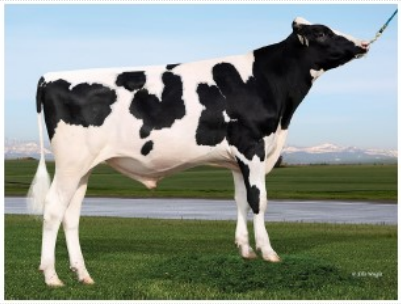
Рис. 6 – Дочери голштинских быков-производителей AltaOLAF 3150701313 и AltaJUMP CUT 3143806809 за рубежом [15]



AltaFASTPRIZE 3247843746



AltaOCON 3224956217



AltaREGULATE 3252197937



AltaHAJI 3250026081



AltaOLLIE 13807989



AltaZTIME 3243355419

Рис. 7 - Голштинские быки-производители линии Вис Бэк Айдиал 1013415 [15]

У большинства других производителей было до 10 дочерей и менее. Учитывая происхождение и продуктивные качества за стадом на текущий период были закреплены следующие быки-производители (см. рис. 7, 8): AltaOLLIE 13807989 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaOCON 322495621 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaZTIME 3243355419 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaFASTPRIZE 3247843746 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaREGULATE 325219793

(Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaPIZZAZZ 3251555560 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaHAJI 3250026081 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY).

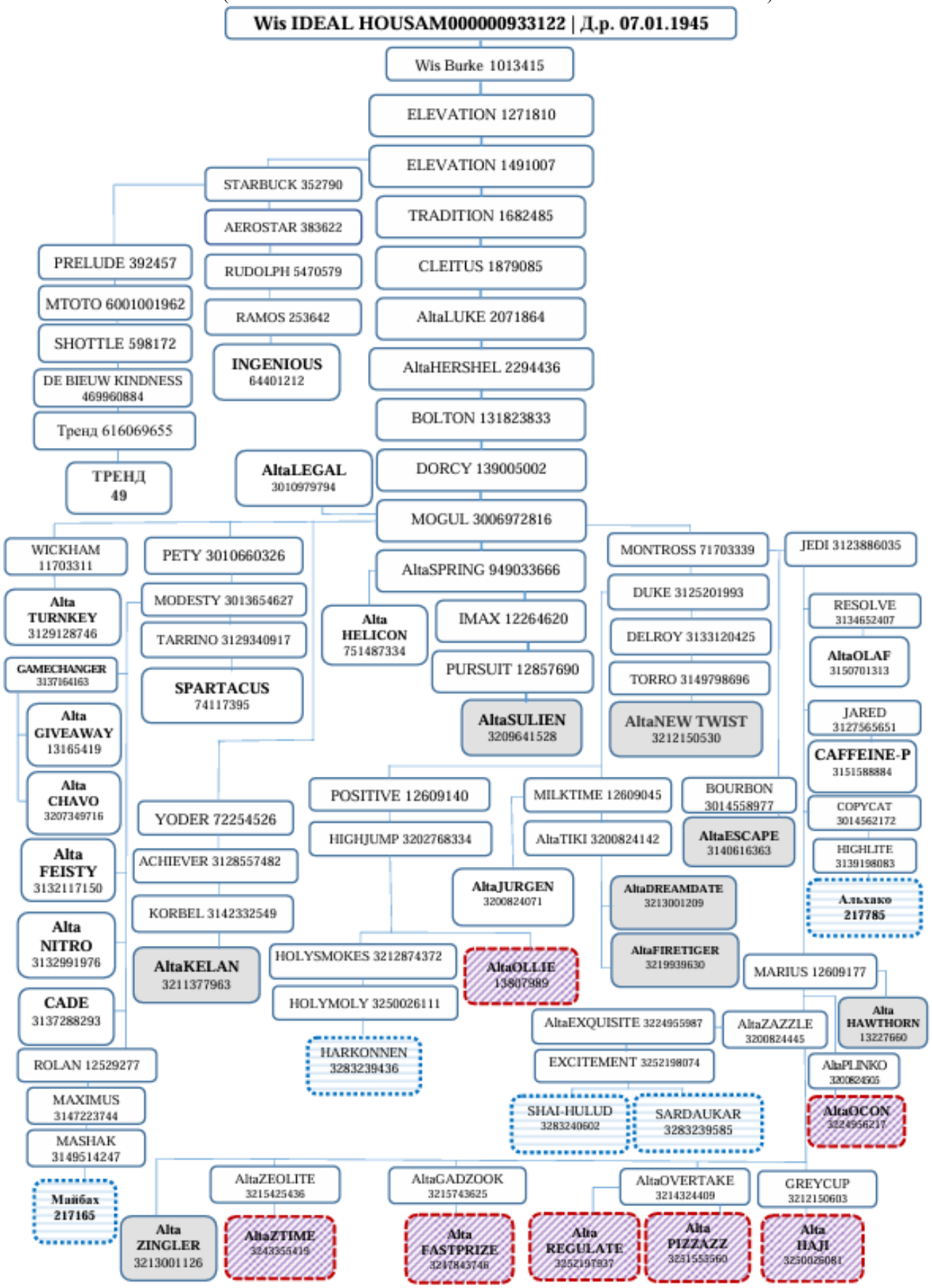


Рис. 8 - Генеалогические схемы быков-производителей линии *Вис Бэк Айдиал 1013415*, использованных в 2022 году (на светлом фоне), закреплённых в 2023 году (на тёмном фоне) и используемых с 2024-2025 года (диагональная штриховка) в ЗАО «Славянское», с 2025 года на проверке (горизонтальная штриховка)

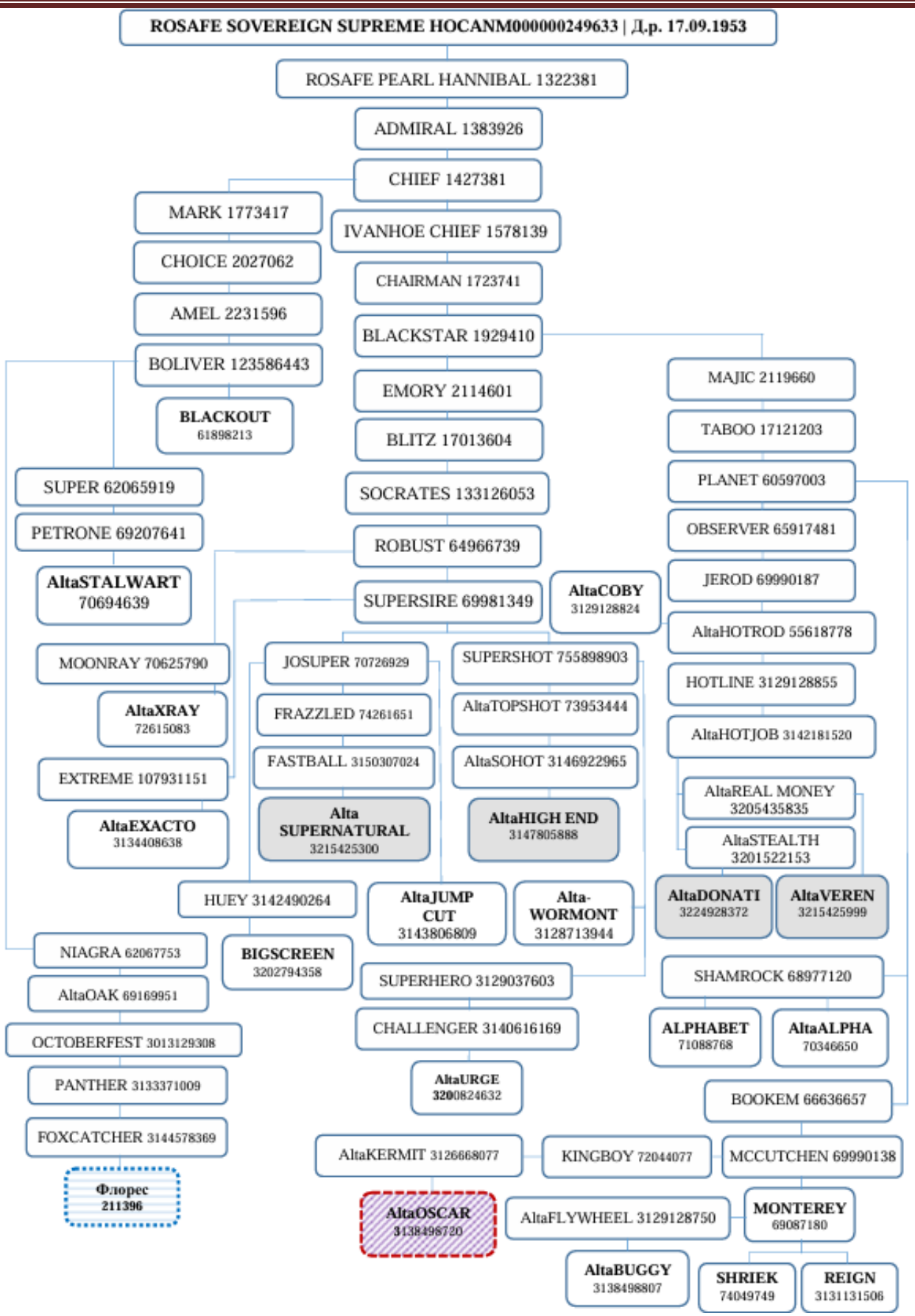


Рис. 9 - Генеалогические схемы быков-производителей линии *Рефлекшн Соверинг 198998*, использованных в 2022 году (на светлом фоне), закреплённых в 2023 году (на тёмном фоне) и используемых с 2024-2025 года (диагональная штриховка) в ЗАО «Славянское», с 2025 года на проверке (горизонтальная штриховка)

В линии Вис Бэк Айдиал 1013415 (см. рис. 8), согласно данным бонитировки на 01 января 2025 года, наибольшее количество дочерей использовалось от следующих быков-производителей: AltaSUPERNATURAL 3215425300 (n=52), AltaBUGGY 3138498807 (n=52), AltaURGE 3200824632 (n=36), AltaHIGH END 3147805888 (n=36), BIGSCREEN 3202794358 (n=31), AltaALPHA 70346650 (n=30), AltaEXACTO 3134408638 (n=30), AltaWORMONT 3128713944 (n=24), AltaCOBY 3129128824 (n=18), ALPHABET 71088768 (n=15), AltaVEREN 3215425999 (n=12), AltaJUMP CUT 3143806809 (n=11), REIGN 3131131506 (n=11), AltaSTALWART 70694639 (n=11), AltaXRAY 72615083 (n=11). У остальных быков-производителей было до 10 дочерей и менее.

Учитывая происхождение и продуктивные качества, в стаде продолжалось использование семени отдельных перечисленных быков-производителей, а также было использовано семя AltaOSCAR 3138498720 (см. рис. 9), происходящего от ветви быка-производителя Planet 60597003 и, в частности, ветви Blackstar 1929410.



AltaESCAPE 3140616363 (n=67) | *AltaNEW TWIST 3212150530 (n=61)* | *AltaNITRO 3132991976 (n=53)*

AltaJURGEN 3200824071 (n=51) | *AltaKELAN 3211377963 (n=35)* | *AltaZINGLER 3213001126 (n=35)*

AltaHELICON 751487334 (n=33) | *AltaGIVEAWAY 13165419 (n=33)* | *AltaTURNKEY 3129128746 (n=33)*

AltaDREAMDATE 3213001209 (n=31) | *AltaCHAVO 3207349716 (n=28)* | *AltaFEISTY 3132117150 (n=17)*

Рис. 10 - Голштинские быки-производители с наибольшим количеством дочерей в стаде в 2025 году[15]

Выводы. Рекомендации по ведению селекционно-племенной работы в 2024-2026 г Согласно анализу результатов селекционно-племенной работы за 2023-2025 годы целесообразно обратить внимание на следующее: **1)** при закреплении быков-производителей в линии Вис Бэк Айдиал 1013415 в последнее время активно использовалось семя AltaZTIME 3243355419 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaFASTPRIZE 3247843746 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaREGULATE 325219793 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), AltaPIZZAZZ 3251555560 (Genetic Codes: TC TD

TE TL TP TR TV TY), AltaHAJI 3250026081 (Genetic Codes: TC TD TE TL TP TR TV TY), отцом отцов которых является AltaZAZZLE 3200824445, происходящий от MARIUS 12609177, который является прадедом (ООО) быков-производителей AltaOLAF 3150701313, CAFFEINE-P 3151588884 и AltaOCON 3224956217. С целью предотвращения умеренного и близкого инбридинга следует особенно тщательно составлять родительские пары и в ближайшей перспективе обратить внимание на быков-производителей из других ветвей, предусмотреть исключение инбридинга при осеменении тёлок и коров, отцами которых будут AltaSUPERNATURAL 3215425300, AltaBUGGY 3138498807, AltaURGE 3200824632, AltaHIGH END 3147805888, BIGSCREEN 3202794358, AltaALPHA 70346650, AltaEXACTO 3134408638, AltaWORMONT 3128713944, AltaCOBY 3129128824, ALPHABET 71088768, AltaVEREN 3215425999, AltaJUMP CUT 3143806809, REIGN 3131131506, AltaSTALWART 70694639, AltaXRAY 72615083 и др.**;** 2) продолжить проведение молекулярно-генетической экспертизы разводимого племенного поголовья, в соответствии с современными требованиями к ведению селекционно-племенной работы.

Литература

1. ***Брагинец С.А., Алексеева А.Ю.*** Племенная ценность быков-производителей голштинской породы различного происхождения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (63). С. 101-109.
2. ***Галушина П.С., Горелик О.В.*** Динамика молочной продуктивности коров-дочерей быков-производителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 270-274.
3. ***Дунин И.М., Исаев В.А., Пархоменко Л.А., Сейдахметов Б.С., Данкверт С.А., Аджибеков К.К., Леванов*** **Н.С.** Генеалогия голштинских быков-производителей красно-пестрой масти - Москва, Из-тво: ФГБНУ" Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела" (Лесные Поляны), 2000. – 474 с. ISBN: 5-87958-141-1
4. ***Лебедько Е.Я., Никифорова Л.Н., Кибкало Л.И., Самбуров Н.В.*** Эффективность использования голштинских красно-пестрых быков в племенных хозяйствах // Фундаментальные исследования. 2013. № 11-9. С. 1883-1887.
5. ***Лешонок О.И., Ткаченко И.В., Гридина С.Л.*** Результаты комплексной оценки быков-производителей в племенных стадах Свердловской области // Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2016. Т. 2. № 1. С. 27-35.
6. ***Мирвалиев Ф.С., Четвертакова Е.В.*** Рост и развитие быков-производителей в условиях племенного предприятия АО "Красноярск Агроплем" // Вестник КрасГАУ. 2024. № 5 (206). С. 137-145.
7. ***Новиков А.В.*** Наследственный потенциал быков-производителей Среднего Урала // Аграрный вестник Урала. 2015. № 10 (140). С. 40-44.
8. ***Прожерин В.П., Ялуга В.Л***. Использование национальных племенных ресурсов молочного скота // Зоотехния. 2017. № 7. С. 6-9.
9. ***Прожерин В.П., Ялуга В.Л., Кувакина И.В.*** Лучшие быки России // Зоотехния. 2024. № 1. С. 2-6.
10. ***Сакса Е.И., Конюшко И.В., Мысик А.Т.*** Результаты разведения молочного скота путём использования производителей голштинской породы, оценённых по геному и качеству потомства в условиях Северо-Запада // Зоотехния. 2021. № 2. С. 9-14.
11. ***Саплицкий М.Л., Степанов П.А.*** Роль племзаводов в повышении генетического потенциала продуктивности скота черно-пестрой породы // Молочное и мясное скотоводство. 2015. № 1. С. 8-11.
12. ***Шендаков А.И.*** Генеалогическая структура и продуктивность стада голштинского скота в ЗАО «Славянское» Орловской области // Вестник аграрной науки. 2023. № 1. С. 49-55.
13. ***Шендаков А.И., Шендакова Т.А.*** Происхождение и племенная ценность голштинских быков-производителей в орловской области // Молочное и мясное скотоводство. 2025. № 5. С. 15-19.
14. ***https://www.altagenetics.ru/*** «Альта Дженетикс Раша» — крупнейший импортер иностранной спермопродукции в России (дата обращения 10.08.2025).
15. ***https://oaohcr.ru/*** Головной центр по воспроизводству сельскохозяйственных животных (дата обращения 10.08.2025).
16. ***http://holstein-russia.ru/*** Ассоциация производителей КРС голштинской породы (дата обращения 10.08.2025).

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 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 636.082

Чевтаева Н.Д., младший научный сотрудник, аспирант
Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия, e-mail: chevtaeva_natasha@mail.ru
Chevtaeva N.D., Junior Researcher, PhD student,
Tatar Scientific Research Institute of Agriculture, FRC Kazan Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПОЛИМОРФНЫХ ВАРИАНТОВ ГЕНА *KCNB1* НА ПРОДУКТИВНЫЕ КАЧЕСТВА И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОКА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ В РАЦИОНЕ ПРОБИОТИЧЕСКОЙ ДОБАВКИ «КЛЮВЕР ПРО»

(Association of polymorphic variants of the *KCNB1* gene with productive traits and physicochemical properties of milk under the inclusion of the probiotic supplement «KLUVER PRO» in the diet)

Аннотация. С ростом молочной продуктивности высокоудойных коров наблюдается сокращение срока их продуктивного использования и повышение процента выбраковки, связанного с нарушениями обмена веществ из-за особенностей кормления. Высокая продуктивность крупного рогатого скота в современном производстве молока поддерживается путем включения в рацион легкоусвояемых углеводистых кормов, что ассоциируется с негативным воздействием на метаболические процессы в рубце жвачных, так как увеличивается риск развития алиментарных заболеваний. Такие метаболические нарушения проявляются снижением оплодотворяемости, нарушением течения стельности, ослаблением лактационной функции, что напрямую отражается на объёмах молочной продукции и рентабельности молочного животноводства. В современной практике молочного животноводства ключевое внимание необходимо уделять не столько обеспечению питательными веществами организма коровы, сколько формированию оптимальных условий для развития микрофлоры её преджелудков, как одному из основных условий сохранения здоровья и повышения продуктивности коров. Одним из перспективных направлений профилактики алиментарных заболеваний и коррекции обменных нарушений является использование пробиотических добавок, в том числе препаратов на основе живых дрожжевых культур. Генетические факторы также играют немаловажную роль в устойчивом закреплении продуктивных признаков у животных. Ген *KCNB1* рекомендован в качестве маркерного гена, ассоциированного с высокой молочной продуктивностью коров, так как вовлечён в процессы регенерации тканей молочной железы и апоптоза. В данном исследовании представлены результаты анализа влияния скармливания пробиотической дрожжевой добавки «КЛЮВЕР ПРО» и полиморфных вариантов гена *KCNB1* на молочную продуктивность, качественные показатели и физико-химические свойства молока коров голштинской породы. В ходе опыта заключили, что по сравнению с контролем группа коров с генотипом $KCNB1^{AA}$ достоверно выгодно отличалась по выходу молочного жира на 11,86 % ($p \leq 0,05$), а с генотипом $KCNB1^{GG}$ – по выходу молочного белка на 8,64 % ($p \leq 0,05$). Статистически значимые различия при том же сравнении отмечены в группе дойных коров с генотипом $KCNB1^{GG}$ по некоторым физико-химическим показателям молока: содержание массовой доли лактозы увеличилось на 2,91 % ($p \leq 0,05$), тогда как доля соматических клеток снизилась на 41,29 % ($p \leq 0,05$).

Ключевые слова: *дойные коровы, генотип, KCNB1, кормление, дрожжи, Kluyveromyces, молочная продуктивность*

Abstract. With the increase in milk productivity of high-yielding dairy cows, a reduction in their productive lifespan and a higher culling rate have been observed, primarily due to metabolic disorders associated with feeding practices. In modern dairy production, high productivity is maintained through the inclusion of readily digestible carbohydrate-rich feeds in the diet, which has been associated with adverse effects on ruminal metabolic processes in ruminants, increasing the risk of nutrition-related diseases. These metabolic disruptions manifest as decreased fertility, impaired pregnancy dynamics, and reduced lactational performance, directly affecting milk yield and the economic profitability of the dairy industry.In current dairy farming practices, the focus should be placed not only on supplying adequate nutrients to the cow's body but also on creating optimal conditions for the development of the foregut microbiota, which is a key determinant of maintaining health and improving productivity. One of the promising approaches for the prevention of alimentary diseases and correction of metabolic disorders is the use of probiotic supplements, including preparations based on live yeast cultures. Genetic factors also play a significant role in the stable expression of productive traits in livestock. The KCNB1 gene has been recommended as a marker gene associated with high milk productivity in cows, as it is involved in tissue regeneration processes of the mammary gland and apoptosis. This study presents the results of analyzing the effect of the probiotic yeast supplement “KLUVER PRO” and polymorphic variants of the KCNB1 gene on milk productivity, milk quality indicators, and physicochemical properties in Holstein cows. The experimental results demonstrated that, compared to the control, cows with the KCNB1AA genotype showed a statistically significant increase in milk fat yield by 11.86% ($p \leq 0.05$), while cows with the KCNB1GG genotype exhibited an increase in milk protein yield by 8.64% ($p \leq 0.05$). Statistically significant differences were also observed in the group of cows with the KCNB1GG genotype regarding certain physicochemical milk parameters: the lactose content increased by 2.91% ($p \leq 0.05$), whereas the somatic cell count decreased by 41.29% ($p \leq 0.05$).

Keywords: *dairy cows, genotype, KCNB1, feeding, yeast, Kluyveromyces, milk productivity*

Введение. Современные подходы к организации полноценного кормления высокопродуктивных сельскохозяйственных животных основываются на научно обоснованном балансировании рационов по основным питательным веществам, энергетическим показателям, а также по содержанию макро- и микроэлементов и витаминов. В молочном скотоводстве именно качество рациона является определяющим фактором, влияющим на общее физиологическое состояние животных, уровень молочной продуктивности, воспроизводительные функции, а также на пищевую и биологическую ценность молочного сырья [2].

С ростом удоев наблюдается сокращение срока продуктивного использования коров: в среднем он ограничивается 3,3 лактациями, при этом максимальные показатели продуктивности достигаются на 4–5 лактациях. В ряде современных молочных комплексов уровень ежегодной выбраковки высокопродуктивных животных превышает 40 %. Подобное сокращение срока хозяйственного использования снижает экономическую отдачу, так как до завершения второй лактации коровы в основном только компенсируют затраты на выращивание, и лишь после этого начинают приносить прибыль. Наиболее распространёнными причинами выбраковки (до 70 %) являются бесплодие, заболевания молочной железы и конечностей, что в значительной степени связано с особенностями кормления [2, 4].

В настоящее время поддержание высокой молочной продуктивности, как правило, достигается за счёт включения в рационы легкоусвояемых углеводных кормов. Однако их чрезмерное количество оказывает неблагоприятное воздействие на метаболизм в рубце. Согласно исследованиям, при избыточном поступлении крахмала с рационом возрастает численность амилолитических микроорганизмов, что сопровождается усиленным образованием молочной кислоты и снижением pH содержимого рубца ниже 6,0, тогда как для оптимального функционирования симбиотической микрофлоры необходим диапазон pH 6,5–7,2 [5]. Подобная кислотная среда ингибирует активность целлюлозолитических бактерий, ответственных за расщепление клетчатки грубых кормов, что приводит к ухудшению его ферментативной деградации и снижению усвоения питательных веществ. Такие метаболические нарушения проявляются снижением оплодотворяемости, нарушением течения стельности, ослаблением лактационной функции, что напрямую отражается на объёмах молочной продукции и рентабельности молочного животноводства [3, 11].

Особо уязвимой группой являются животные с высоким генетическим потенциалом продуктивности. Их физиология ориентирована преимущественно на интенсификацию синтеза молока, даже при дефиците поступающих питательных веществ. Длительный отбор по признаку удоя сформировал у таких животных выраженную «лактационную доминанту», в рамках которой значительная часть ресурсов организма направляется на продукцию молока, что нередко происходит в ущерб другим жизненно важным системам.

В европейской практике молочного животноводства ключевое внимание уделяется не столько обеспечению питательными веществами организма коровы, сколько формированию оптимальных условий для развития микрофлоры её преджелудков. Это обусловлено тем, что за счёт микробиоты усваивается до 70% сухого вещества рациона. Рубец представляет собой сложную экосистему, в которой обитает более 200 видов микроорганизмов и около 20 видов инфузорий. В одном миллилитре рубцового содержимого содержится порядка 1 млрд микробных клеток, а общая масса микробного сообщества достигает 4–7 кг в зависимости от ёмкости рубца [1]. Характерной чертой рубцовой среды является высокая численность симбиотической анаэробной микрофлоры, формирование которой происходит постепенно и зависит от возраста животных, их генетических особенностей, уровня и характера кормления. Следовательно, совершенствование процессов рубцового пищеварения рассматривается как одно из основных условий сохранения здоровья и повышения продуктивности коров.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка профилактических стратегий, направленных на стабилизацию метаболической активности рубца и поддержание его микробиоценоза в функционально устойчивом состоянии. Одним из перспективных направлений профилактики ацидоза и коррекции обменных нарушений является использование пробиотических добавок, в том числе препаратов на основе живых дрожжевых культур [4, 5].

Пробиотики способны изменять микробную экосистему преджелудков, регулировать процессы обмена липидов и белков, улучшать условия для ферментативной активности и тем самым повышать продуктивность животных. Их применение способствует усилению расщепления клетчатки, росту усвояемости питательных веществ и поддержанию оптимальных условий для симбиотической микрофлоры. Согласно исследованиям, одним из объяснений положительного влияния живых дрожжей является способность их клеток связывать кислород, создавая более благоприятные условия для развития анаэробных популяций [5, 6, 8]. Это стимулирует рост ключевых групп микроорганизмов, включая целлюлозолитические бактерии (*Fibrobacter succinogenes, Ruminococcus flavefaciens* и др.) и лактат-утилизирующие виды (*Megasphaera elsdenii, Selenomonas ruminantium* и др.) [9].

Среди пробиотических дрожжей наиболее широко применяются представители *Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces boulardii, Candida utilis* и др. Наибольшее распространение получили пивные дрожжи *S. cerevisiae*, отличающиеся хорошо изученным геномом и высоким уровнем биологической безопасности. В пищевой промышленности и диетологии человека на протяжении длительного времени используется другой вид – *Kluyveromyces marxianus*. Эти дрожжи активно применяются в процессах брожения и находят широкое использование в биотехнологии, включая фармацевтическую отрасль. В молочном скотоводстве *K. marxianus* изучен пока недостаточно, однако представляет собой перспективный пробиотический штамм. Его уникальные свойства – высокая термоустойчивость и способность утилизировать широкий спектр субстратов – обеспечивают дополни-

тельные преимущества по сравнению с традиционно применяемыми дрожжами [6, 8, 9].

Несмотря на высокую значимость кормления, основополагающим фактором в формировании продуктивных качеств крупного рогатого скота остаётся наследственность. Генетические особенности животных определяют их потребность в питательных веществах и уровень реализации продуктивного потенциала. В странах с развитым молочным скотоводством отмечается устойчивая тенденция к повышению удоев за счёт применения методов молекулярно-генетической селекции в сочетании с рационально сбалансированным кормлением [13].

Синтез компонентов молока регулируется, в том числе, трансмембранным активным транспортом веществ и активностью ионных каналов, и синтезируются либо в эпителиальных клетках молочной железы, либо поступают туда из крови, проходя через апикальную мембрану. Для большинства таких компонентов требуются специализированные транспортные белки – активные или пассивные [10].

Зачастую ассоциированы с признаками молочной продуктивности локусы генов, кодирующих такие трансмембранные белки. Калиевые каналы, кодируемые семейством генов KCN и играющие важную роль в поддержании мембранного потенциала и межклеточной сигнализации, представляют в этом процессе особый интерес. В частности, ген *KCNB1*, относящийся к подсемейству потенциалзависимых калиевых каналов, вовлечён в процессы апоптоза, клеточной пролиферации и регенерации тканей молочной железы. Вместе с тем установлено, что *KCNB1* оказывает влияние на устойчивость к маститу благодаря регуляции процессов клеточного деления, апоптоза и восстановления эпителиальной ткани вымени. Ген локализован на 13-й хромосоме крупного рогатого скота (BTA-13), имеет длину около 110,35 кб, включает два экзона и один интрон, и кодирует белок из 858 аминокислотных остатков. В интронной области данного гена был идентифицирован однонуклеотидный полиморфизм (g.78216220G>A). Ген *KCNB1* рекомендован в качестве маркерного гена, ассоциированного с продуктивными признаками молочного скота [12].

Целью исследования было изучить ассоциацию полиморфизма гена *KCNB1* на молочную продуктивность и физико-химические свойства молока коров голштинской породы при скармливании пробиотической добавки «КЛЮВЕР ПРО» (г. Москва, Россия) на основе штамма дрожжей *Kluyveromyces marxianus.*

Материалы, методы и условия проведения исследования.

Объектами исследования являлись 120 клинически здоровых коров голштинской породы 2–4-й лактации на привязном содержании на базе СХПК племенной завод им. Ленина Атнинского района Республики Татарстан. По принципу групп-аналогов животных разделили на две группы по 60 голов. Контрольная и опытная группы получали одинаковый общехозяйственный рацион, соответствующий нормам кормления дойных коров. Дополнительно в рацион животных опытной группы вводили пробиотическую кормовую добавку «КЛЮВЕР ПРО» на основе дрожжей Kluyveromyces marxianus в дозировке 20 г на голову в сутки, которую скармливали в смеси с монокормом.

Продолжительность эксперимента составила 80 суток, включая 20-дневный подготовительный этап. Для учёта молочной продуктивности применялась доильная установка «DeLaval» с программным обеспечением «DelPro». Контрольные доения проводились ежемесячно дважды в день (утром и вечером). Биохимический анализ молока выполнялся на приборе CombiFoss™7 в лаборатории селекционного контроля качества молока АО «ГПП «Элита».

Для проведения генетических исследований у всех животных были отобраны пробы крови. Анализы осуществлялись в отделе биохимии, генетики, физиологии и питания животных ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ РАН. Выделение ДНК проводили с использованием реагентного набора «Ампли Сенс» ДНК-сорб-В (ФБУН ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора, Россия). Термические условия амплификации фрагментов ДНК представляли собой начальную денатурацию в течение 3 мин при 94 °С с последующими 34 циклами денатурации для 1 мин при 94 °С, отжиг 1 мин при 62,2 °С, элонгация в течение 1 мин при 72 °С и финальная элонгация в течение 7 мин при 72 °С [11]. Комплект однонуклеотидных праймеров (Евроген, Россия):

5’ -TTCAAATCCCGACTCCACCA-3’;

5’- TAACACACAAAAGTCGCCCC-3’.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) проводилась с 2 мкл ДНК-образца с компонентами ПЦР-смеси: праймеры (Евроген, Россия), вода деминерализованная, Taq-полимераза, буферный раствор Taq-полимеразы, смесь дезоксинуклеотидтрифосфатов (СибЭнзим, Россия). Общий объем – 20 мкл в одной пробирке. Рестрикционный гидролиз продуктов, полученных в ходе ПЦР-реакции, выполняли ферментом *Msp I*, (СибЭнзим, Россия) при t +37 ºС в течение 16 ч. В 2%-м агарозном геле методом горизонтального электрофореза определяли молекулярный вес рестрикционных фрагментов. Посредством системы Gel&Doc (BIO RAD, США) проводили фиксацию и анализ итоговых результатов.

Локус SNP-*Msp I* (g.78216220G>A) располагался с нуклеотидной заменой G на A в интроне 1. После этапа рестрикции сформировались фрагменты длиной 225 и 280 п.н. у генотипа $KCNB1^{GG}$, 505, 225 и 280 п.н. для генотипа $KCNB1^{GA}$ и 505 п.н. для генотипа $KCNB1^{AA}$ соответственно.

Результаты и обсуждение

В результате проведенного исследования установлено, что из всего анализируемого поголовья 33 головы (27,50 %) являлись носителями гомозиготного генотипа $KCNB1^{AA}$, 52 головы (43,33%) – гетерозиготного генотипа $KCNB1^{GA}$ и 35 (29,17%) – гомозиготного генотипа $KCNB1^{GG}$. Частота встречаемости аллеля $KCNB1^{A}$ – 0,49, аллеля $KCNB1^{G}$ – 0,51.

При оценке динамики молочной продуктивности животных отметили различия, как между подопытными группами, так и в разрезе генотипов (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика среднесуточного удоя молока исследуемых коров в разрезе полиморфизма гена *KCNB1*

	Опытная группа					
	на начало опыта			на конец опыта		
Генотипы *KCNB1*	AA (n=18)	GA (n=25)	GG (n=17)	AA (n=18)	GA (n=25)	GG (n=17)
Суточный удой, кг	25,52 ± 2,78	26,39 ± 2,21	26,93 ± 3,04	25,89 ± 2,72	27,10 ± 1,98	28,45 ± 2,86*
	Контрольная группа					
	на начало опыта			на конец опыта		
Генотипы *KCNB1*	AA (n=15)	GA (n=27)	GG (n=18)	AA (n=15)	GA (n=27)	GG (n=18)
Суточный удой, кг	24,98 ± 2,17	26,54 ± 2,14	27,16 ± 2,63	24,21 ± 2,46	26,43 ± 2,12	26,85 ± 2,93

*Примечание: * – $p \le 0,05$;*

Характер изменений среднесуточного удоя в обеих группах учитывали по сравнению с данными, полученными в начале опытного периода. Так, в группе дойных животных с генотипом $KCNB1^{AA}$ повысились показатели среднесуточного удоя на 0,37 кг (1,4 %), тогда как в контрольной группе в разрезе этого же генотипа наблюдалось снижение среднесуточного удоя на 0,77 кг (3,08%).

Среди лактирующих коров опытного поголовья с гомозиготным генотипом $KCNB1^{GG}$ в том же сравнении выявлено значительное повышение значений среднесуточного удоя, которое составило 1,52 кг (5,64 %), в опытной группе с гетерозиготным генотипом – 0,71 кг (2,69 %), тогда как в обеих контрольных группах показатель существенно не изменился.

Отмечены различия в опытной и контрольной группах при их сравнительном анализе между собой в полученных итоговых результатах. Среди группы коров с гомозиготным генотипом $KCNB1^{AA}$ в опытном поголовье отмечено повышение показателей среднесуточного удоя по сравнению с контрольным поголовьем на 1,68 кг (6,94%), с гомозиготным генотипом – достоверное улучшение на 1,60 кг (5,96%; $p \le 0,05$).

Схожие данные наблюдали Kumari Ragini et al. [10] при исследовании индийского скота породы Сахивал – $KCNB1^{GG}$ (9,81±0,91) показал значимо ($p \le 0,05$) более высокие значения по сравнению с генотипами $KCNB1^{AA}$ (7,46±0,66) и $KCNB1^{AG}$ (7,55±0,75).

Качественные показатели молока представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Качественные показатели молока исследуемых коров в разрезе полиморфизма гена *KCNB1*

	Опытная группа					
	на начало опыта			на конец опыта		
Генотипы *KCNB1*	AA (n=18)	GA (n=25)	GG (n=17)	AA (n=18)	GA (n=25)	GG (n=17)
Массовая доля жира, %	3,78 ± 0,32	3,72 ± 0,24	3,67 ± 0,34	4,02 ± 0,29	3,88 ± 0,18	3,74 ± 0,25
Выход молочного жира, г	958,73 ± 23,98	978,17 ± 19,12	981,44 ± 20,88	1035,52* ± 34,56	1049,11 ± 28,12	1059,26 ± 36,08
Массовая доля белка, %	3,55 ± 0,28	3,54 ± 0,23	3,58 ± 0,29	3,62 ± 0,25	3,61 ± 0,19	3,67 ± 0,29
Выход молочного белка, г	900,77 ± 27,60	930,82 ± 17,78	958,22 ± 31,15	932,68 ± 33,97	975,80 ± 20,11	1038,59** ± 22,96
	Контрольная группа					
	на начало опыта			на конец опыта		
Генотипы *KCNB1*	AA (n=15)	GA (n=27)	GG (n=18)	AA (n=15)	GA (n=27)	GG (n=18)
Массовая доля жира, %	3,81 ± 0,23	3,70 ± 0,21	3,62 ± 0,25	3,84 ± 0,24	3,66 ± 0,19	3,64 ± 0,29
Выход молочного жира, г	948,40 ± 25,39	978,98 ± 23,59	978,81 ± 27,57	925,73 ± 36,52	964,65 ± 27,47	971,68 ± 29,20
Массовая доля белка, %	3,55 ± 0,18	3,52 ± 0,20	3,60 ± 0,19	3,49 ± 0,16	3,53 ± 0,18	3,58 ± 0,27
Выход молочного белка, г	884,19 ± 32,15	931,35 ± 22,38	974,43 ± 43,17	842,31 ± 47,17	930,44 ± 27,35	955,96 ± 32,72

*Примечание: * – $p \le 0,05$; ** – $p \le 0,05$;*

В опытной группе дойных животных с генотипом $KCNB1^{AA}$ повысились показатели массовой доли жира на 0,24 %, выхода молочного жира на 76,79 г (8,01%), тогда как в контрольной группе в разрезе этого же генотипа снижение выхода молочного жира и молочного белка составило 22,67 г (2,39%) и 41,88 г (4,74 %) соответственно.

Среди лактирующих коров опытного поголовья с гетерозиготным генотипом в том же сравнении улучшились значения массовой доли жира на 0,16%, выхода молочного жира на 70,94 г (7,25 %), выхода молочного белка на 44,98 г (4,83 %). При этом же сравнении у контрольного поголовья показатели существенно не изменились.

В опытной группе с гомозиготным генотипом *KCNB1*^{GG} по сравнению с данными, полученными в начале исследования, выявлено повышение значений выхода молочного жира и белка, которое составило 77,82 г (7,93%) и 80,37 г (8,39%) соответственно, в то время как в контрольной группе отмечено незначительное снижение по всем показателям.

При сравнительном анализе итоговых результатов между опытной и контрольной группой замечены существенные различия. Среди группы коров с гомозиготным генотипом *KCNB1*^{AA} в опытном поголовье отмечено повышение показателя выхода молочного белка на 90,37 г (10,73 %) и достоверное повышение выхода молочного жира на 109,79 г (11,86%; $p \leq 0,05$).

Отличались и продуктивные качества между группами коров с гомозиготным генотипом *KCNB1*^{GG}: опытные животные превосходили контрольных по выходу молочного жира на 87,58 г (9,01%) и значимо превосходили по выходу молочного белка на 82,63 г (8,64%; $p \leq 0,05$).

По данным ряда исследований отмечается, что дрожжевые пробиотические добавки способствуют увеличению потребления сухого вещества, улучшению расщепления клетчатки и переваримости других питательных веществ корма, повышению удоя за лактацию, а также концентрации ЛЖК в рубце и массовой доли жира в молоке [4,6,7]. Увеличения содержания молочного жира может быть связано с влиянием дрожжей на стимуляцию синтеза ацетата в рубце, являющегося предшественником жира молока.

В разрезе полиморфизма гена *KCNB1* также проанализирован ряд физико-химических показателей молока исследуемого поголовья (табл. 3).

Таблица 3 – Физико-химические показатели молока исследуемых коров в разрезе полиморфизма гена *KCNB1*

		KCNB1	Лактоза, %	СОМО, %	Сухое вещество, %	Мочевина, мг/100мл	pH	Соматические клетки, тыс/см^3
Опытная группа	на начало опыта	AA (n=18)	4,83 ± 0,09	9,18 ± 0,16	12,68 ± 0,32	15,70 ± 2,35	6,52 ± 0,05	136,25 ± 32,00
		GA (n=25)	4,88 ± 0,06	9,24 ± 0,08	12,91 ± 0,28	16,38 ± 1,96	6,53 ± 0,09	146,38 ± 18,35
		GG (n=17)	4,81 ± 0,04	9,26 ± 0,18	13,13 ± 0,34	16,92 ± 2,92	6,56 ± 0,08	179,28 ± 27,40
	на конец опыта	AA (n=18)	4,86 ± 0,11	9,31 ± 0,17	13,05 ± 0,41	17,40 ± 2,54	6,50 ± 0,10	107,44 ± 33,86
		GA (n=25)	4,93 ± 0,05	9,27 ± 0,07	13,26 ± 0,33	16,02 ± 1,35	6,47 ± 0,11	128,14 ± 26,04
		GG (n=17)	4,95 ± 0,06*	9,34 ± 0,16	13,38 ± 0,47	16,49 ± 3,23	6,46 ± 0,13	105,26 ± 21,37**
Контрольная группа	на начало опыта	AA (n=15)	4,84 ± 0,09	9,13 ± 0,19	13,01 ± 0,41	17,45 ± 2,51	6,53 ± 0,07	124,77 ± 29,25
		GA (n=27)	4,91 ± 0,07	9,12 ± 0,09	12,79 ± 0,31	15,68 ± 2,07	6,51 ± 0,04	153,00 ± 16,58
		GG (n=18)	4,85 ± 0,10	9,29 ± 0,18	12,95 ± 0,38	16,05 ± 3,21	6,55 ± 0,05	168,13 ± 24,79
	на конец опыта	AA (n=15)	4,85 ± 0,12	8,96 ± 0,17	12,94 ± 0,38	18,05 ± 2,80	6,57 ± 0,07	133,18 ± 31,64
		GA (n=27)	4,89 ± 0,05	9,03 ± 0,05	12,72 ± 0,30	16,46 ± 2,03	6,55 ± 0,05	164,32 ± 26,11
		GG (n=18)	4,87 ± 0,09	9,30 ± 0,13	13,21 ± 0,44	15,42 ± 2,91	6,52 ± 0,06	159,87 ± 33,14

*Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,05$;*

Замечены различия в концентрации мочевины в опытной группе животных с генотипом *KCNB1*^{AA} по сравнению с изначальными данными – увеличение составило 1,70 мг/100мл (10,83 %), тогда как при том же сравнении в контрольной группе 0,60 мг/100мл (3,44%). Также в опытной группе наблюдалось снижение содержания соматических клеток на 28,81 тыс/см^3 (21,14%), в контрольном же поголовье отмечено незначительное повышение. Статистически значимые различия у опытного поголовья в разрезе гомозиготного генотипа *KCNB1*^{GG} наблюдались в показателях содержания массовой доли лактозы – повышение составило 0,14% (2,91%; $p \leq 0,05$), а также соматических клеток – снижение составило 74,02 тыс/см^3 (41,29%; $p \leq 0,05$), при том, что в контрольной группе не замечены значимые изменения.

Заключение. В условиях Республики Татарстан впервые оценено влияние полиморфизма гена на про-

дуктивные качества и физико-химические свойства молока коров голштинской пород при применении дрожжевой пробиотической добавки. Поголовье коров с генотипом KCNB1^{AA} превосходило контрольное поголовье по показателям среднесуточного удоя на 6,94%, выходу молочного белка на 10,73%, в том числе отмечено достоверное повышение выхода молочного жира на 11,86% ($p \leq 0,05$). Группа с генотипом KCNB1^{GG} в том же сравнении выгодно отличалась по среднесуточному удою на 5,96%, выходу молочного жира на 9,01% и достоверно превосходила по выходу молочного белка на 8,64% ($p \leq 0,05$). Значимые отличия опытного поголовья по сравнению с контрольным отмечены в группе дойных коров с генотипом KCNB1^{GG} по некоторым физико-химическим показателям молока: содержание массовой доли лактозы увеличилось на 2,91% ($p \leq 0,05$), тогда как доля соматических клеток снизилась на 41,29% ($p \leq 0,05$).

Финансирование. Статья подготовлена в рамках государственного задания «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологической и функциональной продукции», зарегистрированного по номеру 125031003428-9.

Литература

1. ***Афанасьева А.И., Сарычев В.А., Лаптев Г.Ю.*** Микробиом рубца и молочная продуктивность коров при использовании ферментно-пробиотической кормовой добавки «Профорт», Известия ТСХА, **(6):** (2024).
2. ***Батраков А. Я., Шумов Ю.А.*** Проблемы обмена веществ и их последствия у коров в разные периоды жизни, Эффективное животноводство, 198 (1): 34-36 (2025).
3. ***Борзенкова И. С.*** Использование кормовой дрожжевой добавки в молочном скотоводстве //Научный журнал молодых ученых / И. С. Борзенкова // Научный журнал молодых ученых. – 2020. – №. 4. – С. 21.
4. ***Миколайчик И.Н.*** Влияние дрожжевых пробиотиков на переваримость питательных веществ рациона и уровень молочной продуктивности коров / Миколайчик И. Н., Морозова Л. А., Арзин И. В. // Молочное и мясное скотоводство. – 2017. – № 7. – С. 28-32.
5. ***Саубенова М. Г.*** Дрожжевые микроорганизмы как пробиотики и источник белка / М Г. Саубенова, Е А. Олейникова // Микробиология және вирусология. – 2023. – Т. 42. – №3. – С. 13-18.
6. ***Фертикова Д.М., Кислякова Д.М., Селезнева Н.В.*** Перспективы использования поликомпонентной буферной смеси с включением дрожжей в кормлении коров, Вестник КрасГАУ, **180 (3)**: 107-112 (2022).
7. ***Чевтаева Н. Д.*** Молочная продуктивность и качество молока высокопродуктивных коров при использовании инновационной дрожжевой добавки «КЛЮВЕР ПРО» / Н. Д. Чевтаева, И. Т. Бикчантаев, Ф. Ф. Зиннатов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2025. – № 5. – С. 72-78. – DOI 10.28983/asj.y2025i5pp72-78.
8. ***Homayouni, A.*** Kluyveromyces marxianus as a Probiotic Yeast: A Mini-review. / A. Homayouni, A. Azizi, P. Oroojzadeh [et al.] // Current Nutrition & Food Science. – 2020. – Vol. 16. – No 8. – DOI 10.2174/1573401316666200217113230.
9. ***Intanoo, M.*** Effect of Supplemental Kluyveromyces marxianus and Pichia kudriavzevii on Aflatoxin M1 Excretion in Milk of Lactating Dairy Cows / M. Intanoo, MB. Kongkeitkajorn, W. Suriyasathaporn [et al.] // Animals (Basel) – 2020. – Vol. 4. – № 10. – P. 709. – DOI 10.3390/ani10040709.
10. ***Kumari, R.*** Novel polymorphisms of the KCNB1 gene and their association with production traits in Indian Sahiwal cattle / R. Kumari, R. Kumar, B. Sinha [et al.] // The Indian Journal of Animal Sciences. – 2022. – Vol. 92. – No 12. – DOI 10.56093/ijans.v92i12.117454.
11. ***Kulkarni N.A.*** Role of probiotics in ruminant nutrition as natural modulators of health and productivity of animals in tropical countries: an overview / N. A. Kul-karni, H.S. Chethan, R. Srivastava // Tropical Animal Health and Production. – 2022. – Т. 54. – №. 2. – P. 110.
12. ***Lopdell, TJ.*** Using QTL to Identify Genes and Pathways Underlying the Regulation and Production of Milk Components in Cattle / TJ. Lopdell // Animals. – 2023. – Vol. 13. – No 5. – P. 911 – DOI 10.3390/ani13050911.
13. ***Pedrosa, V.B.*** Genome wide Association Analyses of Lactation Persistency and Milk Production Traits in Holstein Cattle Based on Imputed Whole-Genome Sequence Data / V.B. Pedrosa, F.S. Schenkel, S.Y. Chen [et al.] // Genes – 2021. – Vol. 112. – No 11. – P. 1830 – DOI 10.3390/genes12111830.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Чевтаева Наталья Дмитриевна, младший научный сотрудник, аспирант ТатНИИСХ ФИЦ КазНЦ ОП РАН, e-mail: chevtaeva_natasha@mail.ru

УДК 636.2.082.2:519.23

Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
Шендаков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Крюков В.И., доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник
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
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: chr98@yandex.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЛЕКЦИОННОГО ПОДБОРА БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ*

(Application of Multivariate Statistics to Optimize the Selection of Breeding Bulls)

В статье представлена методика кластерной типизации голштинских быков-производителей на основе комплекса племенных признаков, включающих показатели продуктивности, здоровья, экстерьера, фертильности и адаптивности. Целью работы являлась идентификация устойчивых селекционных типов животных с использованием алгоритма K-средних и последующего анализа методом главных компонент (PCA). В исследование включен 2141 бык австрийского происхождения, данные по которым были стандартизированы и обработаны с применением двадцати селекционных индексов. В результате выделено четыре устойчивых кластера, различающихся по совокупности генетических признаков. Дисперсионный анализ (ANOVA) подтвердил статистическую значимость различий между кластерами ($p<0,001$) по большинству показателей, включая общий индекс племенной ценности (RZG), продуктивность (RZM), здоровье (RZOko) и фертильность (RZN). Визуализация методом PCA позволила подтвердить биологическую обоснованность и устойчивость кластеров. Полученные результаты свидетельствуют о высокой гетерогенности импортной популяции голштинов и позволяют использовать выявленные типы в качестве основы для построения национальной системы типизации быков-производителей, направленной на повышение эффективности селекционного процесса и адаптацию зарубежного генофонда к отечественным условиям.

Ключевые слова: кластерный анализ, быки-производители, селекция, голштинская порода, племенная ценность, PCA, ANOVA, индексы продуктивности, типизация.

The article presents a methodology for cluster typification of Holstein breeding bulls based on a comprehensive set of breeding traits, including productivity, health, exterior, fertility, and adaptability indices. The purpose of the study was to identify stable selection types of bulls using the K-means clustering algorithm followed by principal component analysis (PCA). The dataset included 2,141 Austrian Holstein bulls, standardized and analyzed across twenty selection indices. Four stable clusters with distinct genetic profiles were identified. Analysis of variance (ANOVA) confirmed statistically significant differences ($p < 0.001$) among clusters for most traits, including the total breeding index (RZG), productivity (RZM), health (RZOko), and fertility (RZN). Visualization via PCA validated the biological basis and stability of the identified groups. The results indicate a high level of genetic heterogeneity in the imported Holstein population and provide a foundation for developing a national typification system of breeding bulls, aimed at improving selection efficiency and adapting foreign genetic material to Russian livestock production conditions.

Keywords: cluster analysis, breeding bulls, selection, Holstein breed, breeding value, PCA, ANOVA, productivity indices, typification.

Кластерный анализ представляет собой мощный статистический метод, который используется для группировки объектов на основании их схожести или различий. Этот подход позволяет выделять структуры в данных, не прибегая к заранее заданным классам или категориям. Установка на нахождение естественных групп (кластеров) между наблюдаемыми объектами делает кластерный анализ универсальным инструментом в ряде научных и прикладных дисциплин, включая биологию, физиологию и т.д.

Суть метода заключается в том, что объекты с близкими значениями признаков объединяются в кластеры, в то время как объекты, значительно различающиеся по своим характеристикам, располагаются в различных группах. Наиболее распространенными алгоритмами кластеризации являются K-средние, иерархическая кластеризация и алгоритмы на основе DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise) – плотностно-ориентированной пространственной кластеризации с выделением шума (Ester M. и др., 1996) [6]. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и ограничения, что определяет выбор подходящего алгоритма в зависимости от специфики исследуемой задачи.

В условиях скотоводства кластерный анализ находит множество практических применений, способствуя оптимизации процессов управления и повышения эффективности производства. Одним из основных направлений является селекция и разведение животных. Например, с помощью кластерного анали-

за можно выделить группы животных с аналогичными производственными показателями, такими как среднесуточный прирост, динамика роста или устойчивость к заболеваниям. Это позволяет более точно подбирать пары для разведения, что способствует улучшению генетического потенциала стада.

Кроме того, кластерный анализ может использоваться для выявления паттернов в кормлении и условиях содержания животных. Группируя животных по метрикам, связанным с условиями содержания (влажность, температура, количество доступа к воде и пищи), исследователи/заводчики могут оптимизировать эти параметры и, как следствие, улучшить здоровье и продуктивность скота.

Актуальность применения кластерного анализа в современных условиях объясняется целым рядом факторов. Во-первых, в эпоху массивных данных, когда скотоводческие предприятия получают огромное количество информации, способность эффективно обрабатывать и анализировать эти данные становится необходимостью. Кластерный анализ позволяет выявить закономерности и сформулировать рекомендации на основании объективных данных, что крайне важно для принятия обоснованных решений. Во-вторых, с учетом изменений в эколого-экономической ситуации в мире, скотоводство сталкивается с новыми вызовами. Кластерный анализ может помочь в адаптации к этим изменениям, позволяя селекционерам и производителям идентифицировать наиболее адаптированные к новой среде группы скота и разрабатывать стратегии их управления. В-третьих, современное скотоводство требует все более индивидуализированного подхода к животным. Кластерный анализ позволяет не только сегментировать стадо, но и разрабатывать персонализированные схемы кормления и условий содержания для различных групп животных.

В своих исследованиях Федотова Г.В. (2024) подтверждает [5], что кластерная модель является эффективным инструментом для анализа и развития российского животноводства. Автор выделяет ключевые аспекты, такие как возможность сегментации хозяйств по различным критериям, включая производственные мощности, технологии и финансовые результаты. Это позволяет выявлять сильные и слабые стороны отдельных предприятий, а также формировать стратегические направления для их развития.

Исследование Козиной А.М. и соавторов (2016) дополняет данное направление [2], показывая, что многомерный анализ может увеличить эффективность управления отраслью молочного скотоводства. Авторы представляют методологию оценки, которая включает в себя оценку множества факторов, влияющих на производительность. Результаты показывают, что использование многомерного анализа позволяет выделить наиболее продуктивные группы животных и адаптировать условия их содержания и кормления.

Абдурахимов А.А. (2018) также акцентирует внимание на важности кластерного метода для оценки эффективности молочного скотоводства [1]. В своих исследованиях он разрабатывает методические основы, позволяющие оценивать производительность и экономическую эффективность различных сегментов отрасли. В результате его анализа было установлено, что кластерный подход позволяет комплексно учитывать влияние различных факторов на продуктивность, что в свою очередь повышает общий уровень управления в сфере животноводства.

Авторский коллектив Ефимова И.А. и коллег (2018) рассматривает математическое обеспечение построения селекционных индексов и его связь с кластерным анализом [3]. Они подчеркивают, что применение селекционных индексов, основанных на кластерной оценке, может существенно повысить эффективность селекции, позволяя более точно определять генетически ценные группы животных и оптимизировать процесс отбора.

Таким образом, результаты, представленные авторами, подтверждают, что кластерный анализ в скотоводстве служит мощным инструментом для повышения эффективности управления, селекции и оценки производительности как отдельных животных, так и целых хозяйств, что делает его незаменимым в современных условиях агропромышленного производства.

В целом, кластерный анализ представляет важный инструмент в скотоводстве, способствующий оптимизации многих процессов, включая селекцию, кормление и содержание животных. В условиях современного агропромышленного комплекса, насыщенного данными, применение данного анализа становится не только актуальным, но и необходимым для достижения высокой эффективности и устойчивости скотоводческих предприятий.

В данной статье кластерный анализ был проведён с целью типологизации быков голштинской породы по комплексу племенных признаков, характеризующих продуктивность, здоровье, экстерьер, фертильность и адаптивные особенности. Такой подход позволяет перейти от индивидуальных точечных характеристик к выявлению устойчивых профилей, что особенно важно при отсутствии единой национальной базы и в условиях необходимости адаптации селекционных решений к российской практике. В то же время подобная группировка открывает возможность обоснованного выбора быков в зависимости от задач разведения – будь то повышение молочной продуктивности, улучшение здоровья стада или усиление экстерьерных показателей.

Материалы и методы исследований. Для эксперимента использовались первичные данные племенных индексов голштинских быков-производителей австрийского происхождения (n=2141), представленные в открытом доступе на ресурсе Zuchtwert Austria.

Анализ был осуществлен методом кластеризации K-средних (*K-Means*) с использованием двадцати племенных параметров, охватывающих наиболее значимые направления генетической оценки. Перед проведением кластеризации данные были стандартизированы методом Z-преобразования, что позволило исключить влияние разнородных шкал измерения и обеспечить сопоставимость признаков между собой. В выборку включались только те быки, у которых имелись полные данные по всем признакам.

Таблица 1 – Кластерная оценка быков-производителей по племенным индексам

Кластер	Общий племенной индекс	Индекс продуктивности	Индекс экстерьера	Индекс здоровья	Индекс фертильности	Индекс сохранности телят	Индекс соматических клеток	Генетическая устойчивость к цифровому дерматиту	Индекс легкости отела по матери	Производительность
	RZG	***RZM***	***RZE***	***RZOko***	***RZN***	***RZR***	***RZS***	***DDC***	***RZKM***	***PER***
0	137,7	128,0	115,5	127,6	117,7	108,4	113,0	107,8	107,9	107,4
1	65,3	78,1	79,1	74,3	80,1	91,2	87,0	93,8	91,7	93,9
2	114,9	113,0	110,4	109,0	106,2	100,0	105,5	101,0	103,0	105,0
3	89,2	91,9	96,4	91,4	94,0	97,7	95,9	97,0	96,4	97,2
Кластер	Оценка упитанности	Общая оценка здоровья	Конечности	Масса тела	Длина тела	Способность к пастьбе	Способность к хождению	Общий жизненный индекс	Энергетический баланс	Индекс телосложения
	BCS	***GES***	***KON***	***MAS***	***KLW***	***SPV***	***SPH***	***VA***	***EB***	***ETI***
0	97,5	115,6	108,0	107,7	103,4	101,2	100,6	111,0	107,9	110,0
1	103,5	82,9	90,9	91,1	98,0	89,3	94,1	85,3	89,3	80,8
2	94,8	104,1	100,1	102,1	101,2	110,2	109,3	109,0	105,6	109,9
3	100,8	95,0	97,6	97,5	100,1	100,2	102,6	97,8	98,2	97,6

Результаты исследований и их анализ. По результатам кластеризации были выделены четыре устойчивых группы. Каждая из них характеризуется собственной конфигурацией признаков, что позволяет рассматривать их как определенные селекционные типы. Так, один из кластеров объединяет животных с выраженными продуктивными характеристиками (RZM и PER), другой – с доминированием показателей здоровья и устойчивости (GES, DDC и RZOko), третий демонстрирует баланс продуктивности и экстерьера, а четвертый может быть охарактеризован как экстерьерно ориентированный, с выраженными морфологическими особенностями.

Сводная таблица 1, включающая средние значения племенных признаков по каждому кластеру, позволяет наглядно сравнить профили выделенных групп и использовать эти данные при разработке селекционной стратегии. На ее основе возможно целенаправленно подбирать быков, соответствующих конкретным хозяйственным задачам и технологическим условиям.

Проведенный кластерный анализ позволил структурировать генетическое разнообразие импортных быков и выделить основные векторы селекционного потенциала. Это создало базу для последующего сопоставительного анализа между группами, а также для разработки индивидуализированных индексов пригодности в зависимости от региональных и производственных особенностей. Учитывая ограниченность открытых российских данных, подобная типология может быть использована как ориентир при формировании отечественной селекционной базы в условиях интеграции с международными системами оценки.

После выполнения кластерного анализа следующим этапом исследования стало применение метода главных компонент (*PCA*) с целью понижения размерности данных и визуализации пространственного распределения выделенных кластеров. Данный подход позволяет представить многомерное признаковое пространство в виде двух главных осей [4], каждая из которых объясняет наибольшую долю вариативности в массиве данных (Смарагдов М.Г., 2019). В условиях, когда каждый бык характеризуется десятками племенных признаков, подобная трансформация обеспечивает удобный способ интерпретации данных и упрощает выявление закономерностей.

Построенная карта распределения быков в координатах двух главных компонент наглядно демонстрирует устойчивость выделенных кластеров. На графике отчетливо визуализированы четыре компактных группы животных, между которыми сохраняется пространственное разделение, что подтверждает валидность предыдущей кластеризации. Отсутствие значительных перекрытий между группами свидетельствует о том, что выделенные типы быков имеют объективную биологическую основу, выражающуюся в различиях по совокупности ключевых селекционных признаков.

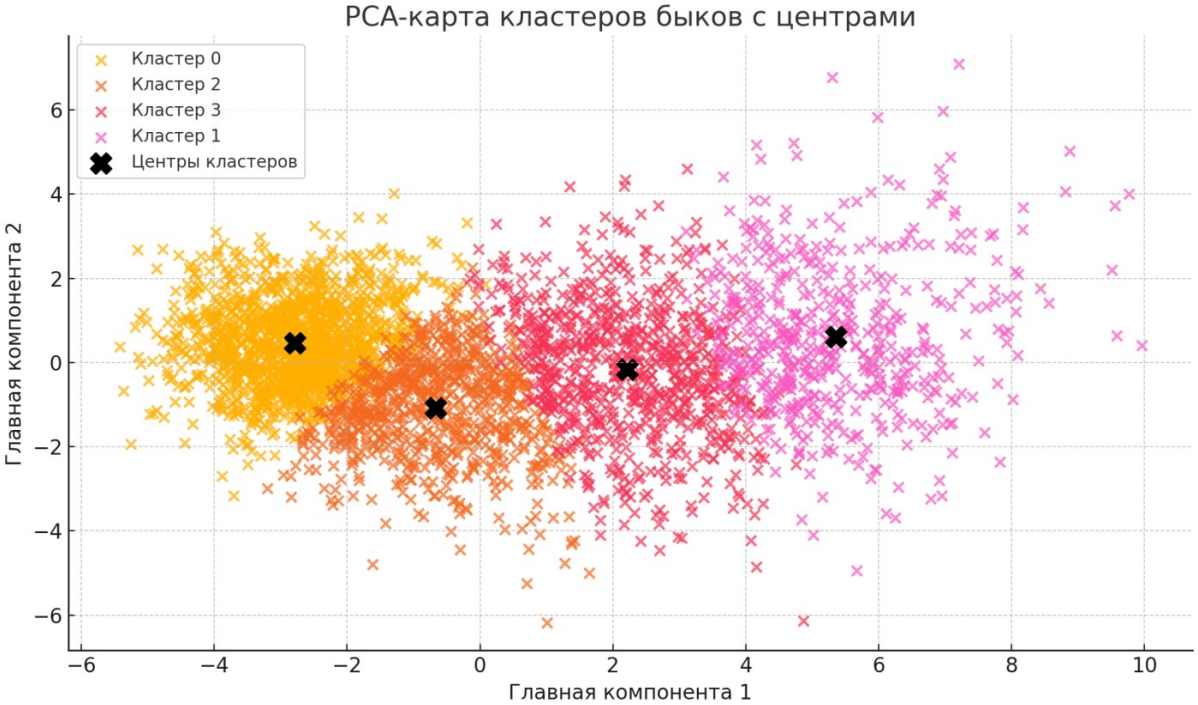


Рис. 1 – Метод главных компонент для оценки кластеров быков-производителей

В дополнение к визуализации самих животных на график были нанесены центры каждого кластера, вычисленные на основе трансформированных координат центров масс в исходном признаковом пространстве. Эти центры отображены в виде маркировок «X» и отражают усредненную племенную структуру соответствующей группы. Такая доработка позволяет не только понимать внутреннюю организацию каждого кластера, но и использовать полученные координаты в качестве эталонных точек при прогнозной классификации новых животных. Например, при появлении быка с неизвестной кластерной принадлежностью можно оценить его координаты по *PCA* и определить, к какому типу он ближе всего – по эвклидову расстоянию до центров.

Важно подчеркнуть, что каждая из главных компонент является линейной комбинацией исходных признаков. Хотя сами компоненты не имеют прямой биологической интерпретации, анализ вкладов переменных в формирование осей (*loadings*) позволяет в дальнейшем установить, какие племенные признаки обусловливают разделение животных на кластеры – например, продуктивность, здоровье, экстерьер и т.д. Это станет предметом последующего анализа.

Таким образом, комбинация кластерного анализа с PCA и визуализацией центров кластеров дает целостное представление о структуре генофонда представленных быков и позволяет на следующем этапе переходить к формализованному сравнительному анализу между группами по каждому из племенных показателей.

После визуальной и пространственной фиксации различий между кластерами методом главных компонент следующим этапом стала количественная проверка статистической обоснованности этих различий. Для этого был применен классический дисперсионный анализ (*ANOVA*), позволяющий установить, насколько значимо отличаются значения того или иного племенного признака между группами, сформированными в процессе кластеризации (табл. 2).

В рамках анализа рассматривалось 20 селекционно значимых признаков, охватывающих продуктивность, здоровье, экстерьерные характеристики, фертильность, телосложение и адаптивные качества быков. Для каждого признака было рассчитано среднее значение ($\bar{x}$) по всем четырем кластерам (*K0*, *K1*, *K2*, *K3*), после чего определялись значения *F*-критерия и соответствующего уровня значимости (*p*-значения). Результаты представлены в форме расширенной таблицы 2, где наглядно видно, как каждый признак варьирует между группами.

Наибольшие различия между кластерами были выявлены по следующим параметрам (выделены синим цветом в таблице):

- Общий племенной индекс (RZG): F = 6212,76, p<0,0001;
- Индекс здоровья (RZOko): F = 5786,94, p<0,0001;
- Индекс фертильности (RZN): F = 3459,43, p<0,0001;
- Индекс продуктивности (RZM): F = 2064,67, p<0,0001;
- Индекс экстерьера (RZE): F = 1933,72, p<0,0001.

Высокие значения *F*-критерия и крайне низкие значения *p*-уровня (вплоть до нуля) свидетельствуют о наличии выраженных и устойчивых различий между кластерами по указанным признакам. Это подтверждает, что формирование групп не было случайным, а основано на глубинных различиях в племенной структуре.

Таблица 2 – Дисперсионный анализ

Признак	$\bar{x}$ ***K0***	$\bar{x}$ ***K1***	$\bar{x}$ ***K2***	$\bar{x}$ ***K3***	*F*	*p* <
Общий племенной индекс ***RZG***	137,7	65,3	114,9	89,2	6212,76	0,0001
Индекс продуктивности ***RZM***	128,0	78,1	113,0	91,9	2064,67	0,0001
Индекс экстерьера ***RZE***	115,5	79,1	110,4	96,4	1933,72	0,0001
Индекс здоровья ***RZOko***	127,6	74,3	109,0	91,4	5786,94	0,0001
Индекс фертильности ***RZN***	117,7	80,1	106,2	94,0	3459,43	0,0001
Индекс сохранности телят ***RZR***	108,4	91,2	100,0	97,7	621,82	0,05
Индекс соматических клеток ***RZS***	113,0	87,0	105,5	95,9	1299,84	0,001
Генетическая устойчивость к дерматиту ***DDC***	107,8	93,8	101,0	97,0	566,9	0,05
Индекс легкости отела по матери ***RZKM***	107,9	91,7	103,0	96,4	714,85	0,05
Производительность ***PER***	107,4	93,9	105,0	97,2	483,42	0,05
Оценка упитанности ***BCS***	97,5	103,5	94,8	100,8	72,1	0,05
Общая оценка здоровья ***GES***	115,6	82,9	104,1	95,0	4485,53	0,001
Конечности ***KON***	108,0	90,9	100,1	97,6	606,86	0,05
Масса тела ***MAS***	107,7	91,1	102,1	97,5	1772,44	0,01
Длина тела ***KLW***	103,4	98,0	101,2	100,1	56,26	0,05
Способность к пастьбе ***SPV***	101,2	89,3	110,2	100,2	416,62	0,01
Способность к хождению ***SPH***	100,6	94,1	109,3	102,6	215,6	0,05
Общий жизненный индекс ***VA***	111,0	85,3	109,0	97,8	1470,16	0,05
Энергетический баланс ***EB***	107,9	89,3	105,6	98,2	400,93	0,05
Индекс телосложения ***ETI***	110,0	80,8	109,9	97,6	1432,64	0,05

Так, например, по признаку RZG (общий индекс племенной ценности) наблюдается четкое разделение: кластеры 0 и 2 демонстрируют наибольшие значения, в то время как кластер 1 характеризуется выраженно заниженным уровнем, что может быть интерпретировано как тип с пониженной комплексной селекционной ценностью. Аналогичная тенденция наблюдается по индексам продуктивности (RZM) и здоровья (RZOko), что позволяет классифицировать кластеры не только как формальные группы, но и как биологически различающиеся типы быков.

Особый интерес представляет то, что различия наблюдаются не только по экстремальным значениям, но и по умеренным – например, показатели телосложения, массы, пастбищных качеств. Это говорит о многомерной природе кластерной структуры, где каждый тип обладает не просто «лучшим» или «худшим» показателем, а определенной уникальной конфигурацией, отражающей комплексное направление селекции.

Важно подчеркнуть, что статистически значимые различия наблюдаются практически по всем признакам, что дополнительно подтверждает качество и устойчивость ранее проведенной кластеризации. Это позволяет сделать вывод о том, что группы сформированы не на основе единичных экстремумов, а отражают устойчивые биотипы, различающиеся по множеству ключевых показателей.

Выводы. Проведенный комплексный анализ – включающий кластеризацию, пространственное моделирование методом главных компонент (PCA) и дисперсионную оценку различий между группами – позволил выявить в рамках импортной популяции быков голштинской породы четыре отчетливо выраженных селекционных типа. Эти типы различаются как по визуальной, так и по статистической оценке, что свидетельствует о высокой степени гетерогенности генофонда. Результаты анализа не только подтвердили наличие внутренних структурных различий, но и обеспечили инструментальную базу для последующего применения: от подбора быков под конкретные цели (молочность, здоровье, телосложение) до разработки собственных индексов или интеграции в региональные программы. Сформированная типология может использоваться как ориентир при построении национальной селекционной платформы, особенно в условиях отсутствия единой базы или при необходимости адаптации зарубежного материала к отечественным условиям.

Таким образом, данный этап работы не только дал развернутую характеристику генофонда, но и заложил научно обоснованный фундамент для формирования селекционной стратегии в рамках практических задач животноводства.

Литература

1. ***Абдурахимов А.А.*** Методические основы оценки эффективности отрасли молочного скотоводства с использованием кластерного метода // Земледелец. 2018. № 2. С. 77-82.
2. ***Козина А.М., Притула О.Д., Семкив Л.П***. Оценка эффективности управления отраслью молочного скотоводства с использованием многомерного анализа // Научные известия. 2016. № 5. С. 21-28.
3. ***Математическое обеспечение построения селекционных индексов*** / И.А. Ефимов, Т.П. Усова, Т.В. Кракосевич, Я.З. Лебенгарц // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 4. С. 120-122.
4. ***Смарагдов М.Г.*** Сравнительная оценка генетических различий голштинских коров в стадах методом главных компонент и индексом фиксации с. Райта // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 60-64.
5. ***Федотова Г.В.*** Кластерная модель развития российского животноводства // Парадигмы управления, экономики и права. 2024. № 2 (12). С. 60-68.
6. ***Ester M., Kriegel H.-P., Sander J., Xu X.*** A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise // Proceedings of the Second International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD'96). Portland, OR, USA, August 2–4, 1996. P. 226–231.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, **Шендаков А.И.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, зав. кафедрой технологии производства и переработки продукции животноводства имени профессора А.М. Гуськова ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, **Крюков В.И.**, доктор биологических наук, профессор, старший научный сотрудник 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: «Разработка методики комплексной оценки генетической детерминации селекционных признаков при совершенствовании молочных пород крупного рогатого скота РФ» на 2023-2025 гг. (Рег. №1023050400009-2-4.2.1; 4.4.1, код научной темы, присвоенный учредителем, FEEF-2023-0015).

УДК 66.075.33:579.26

Гнеушева И.А., кандидат технических наук, доцент
Лушников А.В., кандидат технических наук, доцент
Солохина И.Ю., кандидат биологических наук, доцент
Ермакова Н.В., кандидат биологических наук, доцент
Воронкова М.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Gneusheva I.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Lushnikov A.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Solokhina I.Yu., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Ermacova N.B., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Voronkova M.V., Candidate of Agricultural 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 СОСТАВА ПРИРОДНЫХ САХАРОСОДЕРЖАЩИХ СРЕД ДЛЯ БИОСИНТЕЗА ЛИЗИНА МИКРОБНЫМИ ПРОДУЦЕНТАМИ

(Optimization of the composition of natural sugar-containing mediums for biosynthesis of lysine by microbial producers**)**

Аннотация. Лизин – аминокислота, которая необходима человеку и животному для питания, используется в физиологических процессах. В настоящее время наблюдается значительный объем промышленного производства лизина. Его получают путем гидролиза отходов птицеперерабатываемых производств с применением микробиологического синтеза. Сырьевыми источниками для производства лизина являются меласса, кукурузный экстракт, подсолнечный шрот, отруби, мясокостная и рыбная мука, рапс. Важный критерий по поиску снижения издержек на производство L-лизина – это разработка питательных сред для культивирования продуцентов, способных обеспечить максимальный выход аминокислот. В данной работе проведено исследование по оптимизации питательной сахаросодержащей среды для культивирования микробных продуцентов аминокислот *Corynebacterium, Brevibacterium* и *Bacillus.* Оптимизацию питательных сред проводили методом Бокса-Уилсона с применением полного факторного эксперимента с варьированием факторов концентрации питательной среды: пептона, дрожжевой экстракта, редуцирующих веществ. В качестве объектов исследования использовали микробные продуценты аминокислот - *Corynebacterium glutamicum* B-1085, *Corynebacterium glutamicum* B-11609, *Bacillus subtilis* B-4828, *Bacillus subtilis* AJ11779, *Brevibacterium flavum* B-11404, *Brevibacterium flavum* B-11635. Для отбора продуктивных микробных продуцентов лизина проводили скрининг бактериальных штаммов на оптимизированной питательной среде с пептоном, дрожжевым экстрактом и ферментолизатом соломы пшеницы как источника редуцирующих веществ. Установлено, что перспективным штаммом – продуцентом лизина является *C. glutamicum* B-1085. В результате проведенных исследований определен состав питательной среды для культивирования *Corynebacterium glutamicum* B-1085: пептон – 20,4 г/л; дрожжевой экстракт – 6,7 г/л; ферментолизат соломы пшеницы – 28,2 г/л. Концентрация лизина в конечном продукте составила 11,9 г/л.

Ключевые слова: лизин, микробный продуцент, биосинтез, питательная среда, полный факторный эксперимент, оптимизация.

Annotation. Lysine is an amino acid that is necessary for humans and animals for nutrition and is used in physiological processes. Currently, lysine production is large-scale. It is obtained by hydrolysis of waste from poultry processing plants using microbiological synthesis. The raw materials for the production of lysine are molasses, corn extract, sunflower meal, bran, meat and bone meal and fish meal, rapeseed. An important criterion for finding a reduction in the cost of L-lysine production is the development of nutrient media for cultivating producers capable of maximizing the yield of amino acids. In this work, a study was conducted to optimize a nutrient-rich sugar-containing medium for the cultivation of microbial producers of amino acids *Corynebacterium, Brevibacterium* and *Bacillus.* Optimization of nutrient media was carried out by the Box-Wilson method using a complete factor experiment with varying the concentration factors of the nutrient medium: peptone, yeast extract, reducing substances. Microbial producers of amino acids were used as objects of research - *Corynebacterium glutamicum* B-1085, *Corynebacterium glutamicum* B-11609, *Bacillus subtilis* B-4828, *Bacillus subtilis* AJ11779, *Brevibacterium flavum* B-11404, *Brevibacterium flavum* B-11635.
To select productive microbial lysine producers, bacterial strains were screened on an optimized nutrient medium with peptone, yeast extract, and wheat straw fermentolysate as a source of reducing substances. It has been established that a promising lysine–producing strain is *C. glutamicum* B-1085. As a result of the conducted studies, the composition of the culture medium *Corynebacterium glutamicum* B-1085 was determined: peptone – 20.4 g/l; yeast extract – 6.7 g/l; wheat straw fermentolysate – 28.2 g/l. The lysine concentration in the final product was 11.9 g/l.

Keywords: lysine, microbial producer, biosynthesis, nutrient medium, complete factor experiment, optimization.

Введение. Лизин является незаменимой аминокислотой, жизненно необходимой для питания, как человека, так и сельскохозяйственного животного, производство которого в мировой экономике уже давно стало крупнотоннажным [1].

Лизин используется организмом в различных физиологических процессах. Недостаток лизина в питании вызывает негативные нарушения иммунной, мышечной и нервной систем. Включение лизина в рацион животных, включая сельскохозяйственных птиц, существенно повышает их продуктивность. Научные исследования показывают, что добавление этой аминокислоты в корма приводит к увеличению среднесуточных привесов крупного рогатого скота и других животных на 10–25%. У кур-несушек также наблюдается рост продуктивности на аналогичную величину. Кроме того, у коров отмечается повышение молочной продуктивности на 12%. Это свидетельствует о положительном влиянии лизина на метаболические процессы и репродуктивные функции животных [6].

В настоящее время данную аминокислоту получают гидролизом отходов птицеперерабатываемых производств путем переработки пера, пуха, крови и других белковосодержащих компонентов энзиматическим или микробиологическим синтезом [5]. В промышленности синтез лизина осуществляется микроорганизмами при глубинном культивировании. В промышленном производстве лизина применяются следующие основные сырьевые компоненты: меласса, кукурузный экстракт, соляная кислота, аммиачная вода, витамины, отруби, подсолнечный шрот, рыбная мука, мясокостная мука и рапс [3].

Одно из наиболее активно разрабатываемых направлений по поиску средств снижения издержек на производство L-лизина предусматривает разработку и применение более совершенных питательных сред культивирования продуцентов, наиболее полно учитывающих потребности штаммов в питательных веществах, и их способность обеспечивать оптимальную концентрацию целевого продукта в культуральной жидкости [4].

Широко распространенными продуцентами аминокислот из моносахаров являются *Corynebacterium, Brevibacterium* и *Bacillus* [4]. Указанные бактерии представляют собой ценные штаммы, полученные с помощью мутаций в их геноме. Эти изменения направлены на увеличение продуктивности по производству аминокислот. История их развития охватывает длительный период, начиная с момента открытия и заканчивая созданием практически пригодных штаммов [4].

Таким образом, исходя из вышесказанного, целью данной работы являлось оптимизация состава природных сахаросодержащих сред для продуктивного биосинтеза и удельного выхода лизина при использовании микробных продуцентов.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в научно-исследовательской испытательной лаборатории биотехнологии и молекулярной экспертизы кафедры Биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, в лаборатории аналитических и регистрационных испытаний ФИЦ «Немчиновка».

В качестве объектов исследования использовали следующие микробные продуценты аминокислот - *Corynebacterium glutamicum* B-1085, *Corynebacterium glutamicum* B-11609, *Bacillus subtilis* B-4828, *Bacillus subtilis* AJ11779, *Brevibacterium flavum* B-11404, *Brevibacterium flavum* B-11635 из коллекций БРЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» (ГосНИИгенетика) и кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской.

Питательная сахаросодержащая среда для микробиологического синтеза лизина. Солому злаковых культур, являющуюся ценным источником органических компонентов, измельчали (до 3-5 мм), затем подвергали ультразвуковой дезинтеграции на приборе Soniprep («MSE», UK), используя «пальчиковый» преобразователь, с интервальным режимом чередования импульсов по 30 секунд, частота 23 кГц, пауз по 20 секунд. Амплитуда колебания звуковода составила 20 мкм, число циклов дезинтеграции равно 15.

Пробы гидролизатов после дезинтеграции фильтровали через микрофильтрационную мембрану для удаления частиц дисперсной фазы [3] и соединяли с композицией ферментов «ЦеллоЛюкс-F» + «ФидБест VGPro G». Смесь для реакции выдерживали в течение 36 часов при температуре 45°С [4]. В полученном ферментолизате концентрация РВ, г/л: для соломы пшеницы составляет 28,2; для соломы гречихи – 27,1 [4]. К ферментолизату добавляли питательные компоненты согласно стандартной рецептуре среды «L», г/л: пептон – 15; натрий хлористый – 5; дрожжевой экстракт – 5[https://vkpm.genetika.ru/katalog-mikroorganizmov/].

Инокулят для дальнейших манипуляций подготавливали из суточной агаровой культуры микроорганизмов-продуцентов. Первоначально культуру пересевали в колбы Эрленмейера, содержащие жидкую питательную среду «L», исключающую углеводные компоненты. Затем, бактериальную суспензию на стадии поздней логарифмической фазы роста, использовали для инокуляции питательной среды, предназначенной для микробиологического синтеза лизина, в объеме 0,5% от общего объема среды.

В ходе культивирования контролировали и поддерживали на заданном уровне температуру +30±0,5°С, pH7,0±0,2 и $pO_2 \geq 20 \pm 0,5\%$, частота вращений мешалки 200 мин$^{-1}$. Корректировка текущих параметров производилась программным обеспечением IRIS 2.0 автоматически.

Составы питательных сред оптимизировали методом Бокса-Уилсона, для чего реализовывали полный факторный эксперимент по плану $N=2^k$, где факторы варьирования: пептон, г/л (X_1); дрожжевой экстракт, г/л (X_2); редуцирующие вещества, г/л (X_3). Распределение уровней факторов в таблице 1.

Таблица 1. Распределение уровней факторов варьирования в полнофакторном эксперименте

Уровень	Фактор		
	X_1	X_2	X_3
$x_i°$	15	5	27
Δx_i	5	2,5	7,5
x_i^{min}	10	2,5	19,5
x_i^{max}	20	7,5	34,5

Получение готовой формы продукта. Полученный раствор пропускали через мембраны с целью отделения лизина от других компонентов среды. Очистку продукта проводили рафинацией, концентрирование – упариванием. Кристаллический продукт был получен из концентрированного раствора лизина путем высушивания.

Исследования проводились с трехкратной повторностью в рамках трех серий экспериментов. Статистический анализ данных был выполнен с использованием программы Microsoft Office Excel 10. В таблицах представлены средние значения с указанием стандартного отклонения.

Результаты и их обсуждение. Для отбора микробных продуцентов лизина проводили скрининг коллекционных штаммов при культивировании на оригинальной сахаросодержащей питательной среде. Определяли концентрацию лизина в культуральной жидкости и биомассе (см. рис. 1).

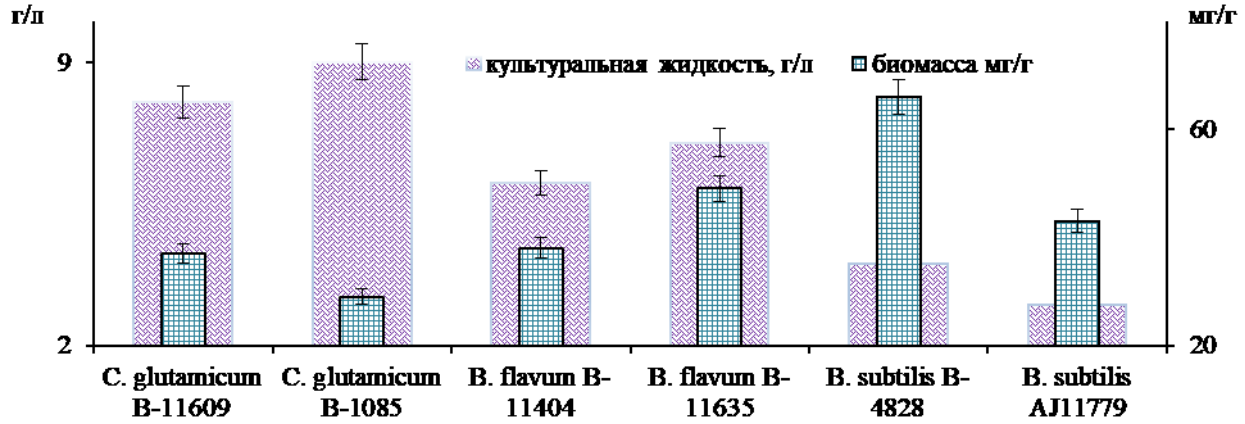


Рис. 1 – Концентрация лизина в культуральной жидкости и биомассе при культивировании коллекционных штаммов на оригинальной питательной среде

Наибольшая концентрация лизина в культуральной жидкости определяется у *C. glutamicum* B-1085 и составила 9,1±0,45 г/л; тогда как в биомассе наибольшая концентрация лизина в эксперименте с *B. subtilis* B-4828 - 66±3,3мг/г. Таким образом, в качестве микробного продуцента для микробиологического синтеза лизина в нашем исследовании был выбран *C. glutamicum* B-1085, параметры его культивирования представлены на рисунке 2.

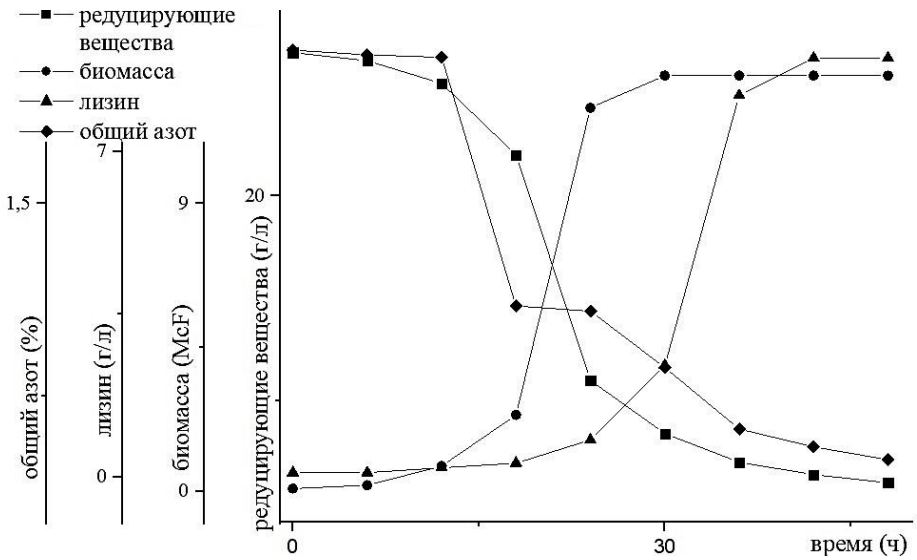


Рис. 2 – Параметры культивирования *C. glutamicum* B-1085, микробного продуцента лизина на оригинальной питательной среде

Для достижения наибольшей продуктивности *C. glutamicum* В-1085 при глубинном культивировании изучали влияние пептона (X_1), дрожжевого экстракта (X_2), редуцирующих веществ (X_3) питательной среды на концентрацию лизина в культуральной жидкости, г/л (y) (рисунок 3).

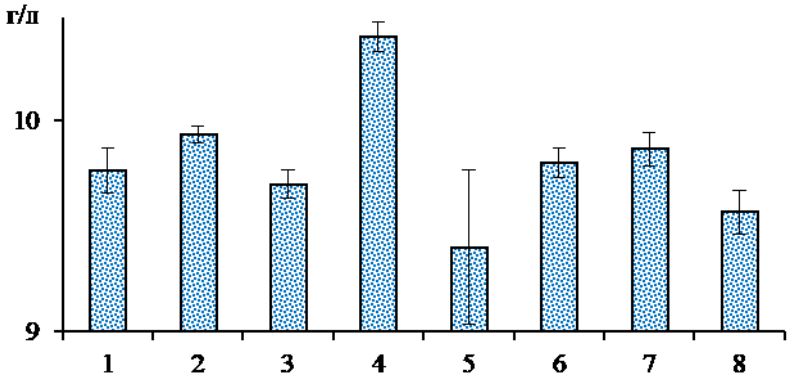


Рис. 3 - Концентрация лизина в культуральной жидкости *C. glutamicum* В-1085 при варьировании компонентного состава питательной среды

Результаты определения концентрации лизина в культуральной жидкости воспроизводимы, так как критерий Кохрена: ^{p}G = 0,17 меньше $^{т}G_{0,95;8;9}$ = 0,29. Рассчитаны коэффициенты регрессионного уравнения, отличие от нуля которых проверяли по критерию Стьюдента: $t_{0,95;64}$ = 1,99. При подстановке числовых выражений значимых коэффициентов математическая модель приобрела вид:

$$y = 9,3 + 0,12X_1 + 0,08X_2 – 0,15X_3 – 0,1X_1X_3 – 0,15X_1X_2X_3.$$

Модель адекватно описывает изучаемый процесс и может быть использована в процедуре оптимизации биосинтеза лизина исследуемым микробным продуцентом, что подтверждается значением критерия Фишера:

^{p}F = 0,03 меньше $^{т}F_{0,95;3;64}$ = 0,12. В таблице 2 представлены рассчитанные факторы оптимизации процесса биосинтеза лизина *C. glutamicum* В-1085 по типу крутого восхождения.

Таблица 2. Оптимизация по типу крутого восхождения

параметры		факторы		
		X_1	X_2	X_3
Расчётный интервал, λ_i		0,6042	0,1979	-1,094
Расчётный интервал округлённый, $°\lambda_i$		0,6	0,2	1,1
Пропорциональность, θ		0,54	0,33	1
Шаг по градиенту, δx_i		2,7	0,8	-7,5
Эксперимент	оптимизация №1	17,7	5,8	19,5
	оптимизация №2	20,4	6,7	11,9
	оптимизация №3	23,0	7,5	4,4

Оптимизация признаётся эффективной, так как при реализации активного эксперимента было достигнуто максимальное значение концентрации лизина в культуральной жидкости 11,9 г/л, составившее 110% от спрогнозированного (см. рис. 4).

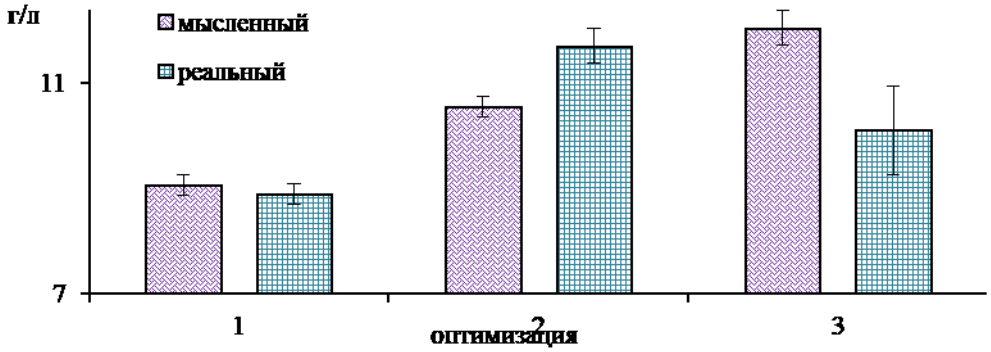


Рис. 4 - Концентрация лизина в культуральной жидкости *C. glutamicum* В-1085 при реализации активного эксперимента по оптимизации процесса биосинтеза лизина

На основании полученных результатов эксперимента определен состав питательной среды для культивирования *C. glutamicum* В-1085, г/л: пептон – 20,4; дрожжевой экстракт – 6,7; сахарный раствор редуцирующих веществ (ферментолизат соломы пшеницы) – 28,2. Концентрация лизина в конечном продукте – 11,9 г/л.

Выводы. Таким образом**,** в процессе выполнения данной научной задачи нами показано, что в результате оптимизации состава природных сахаросодер-

жащих сред методом Бокса-Уилсона с целью продуктивного биосинтеза и удельного выхода лизина при использовании *C. glutamicum* B-1085, получен концентрированный раствор лизина с концентрацией 11,9 г/л. Определен оптимальный состав оригинальной сахаросодержащей питательной среды для культивирования *C. glutamicum* B-1085, г/л: пептон – 20,4; дрожжевой экстракт – 6,7; сахарный раствор редуцирующих веществ (ферментолизат соломы пшеницы) – 28,2.

Заключение. В подобранных условиях культивирования микробный продуцент аминокислоты лизина *C. glutamicum* B-1085 характеризуется как продуктивный, технологичный, с благоприятными биологическими свойствами.

Полученные в ходе исследования данные послужили основой для разработки технологии получения лизинсодержащего кормового препарата, где одним из компонентов питательной среды служит сахарный раствор, полученный из целлюлозосодержащих отходов для микробного продуцента лизина — бактерий *Corynebacterium glutamicum B-1085*.

Литература

1. ***Ветвицкая А.*** «Поиск баланса»: применение кормовых аминокислот в животноводстве / А. Ветвицкая // Эффективное животноводство. 2020. №9 (166).
2. ***Гнеушева И.А.*** Оптимальные параметры ультразвукового воздействия на целлюлозосодержащее сырье / И. А. Гнеушева, А.В. Лушников, И.Ю. Солохина // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения: Материалы VIII международной научно-практической интернет-конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии, Орел, 28 ноября 2024 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина, 2024. С. 111-115.
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. ***Пат.***/ Способ производства кормовой белковой добавки с высокой усваиваемостью из перопухового сырья для домашних животных и птицы на основе кратковременной высокотемпературной обработки /Бреннер В.В., Волик В.Г., Исмаилова Д.Ю., Петровичев В.В. и др.; патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "РОСАНА". - №2413422; заявл. 16.10.2009, опубл. 10.03.2011 Бюл. № 7. Москва. – 2010. – 10 с.
6. ***Рядчиков В.Г.*** Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных/ В.Г. Рядчиков// Изд-во Лань, Санкт-Петербург. 2015. 632 с.
7. ***Северьянова Л.А.*** Современные представления о действии аминокислоты L-лизина на нервную и иммунную регуляторные системы / Л. А. Северьянова, М. Е. Долгинцев // Человек и его здоровье. 2007. №2. С.67-79.
8. ***Awawdeh M.S.*** Rumen-protected methionine and lysine: effects on milk production and plasma amino acids of dairy cows with reference to metabolisable protein status / M. S. Awawdeh// Journal of Dairy Research. 2016. № 83. P. 151-155.
9. ***Ferraretto L.F.*** Influence of essential amino acid balancing post-partum on lactation performance by dairy cows through a meta-analysis/ L.F. Ferraretto, C.S. Ballard, C.J. Sniffen [at al.]// Journal Dairy Science. 2016. 99 (Suppl. 1): 718.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Гнеушева И.А., доцент, кандидат технических наук, Россия, **Лушников А.В.,** кандидат технических наук, ассистент; **Солохина И.Ю.,** доцент, кандидат биологических наук, **Воронкова М.В.**, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, **Ермакова Н.В.**, доцент, кандидат биологических наук, кафедра биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», e-mail: solohinairina@yandex.ru

УДК 636:591.11:616.155.3

Яровая Н.И., доктор биологических наук, профессор
Ивлева Н.А., кандидат биологических наук, старший преподаватель
Маркина В.Н., кандидат химических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия, e-mail: n.yarovan@yandex.ru
Yarovan N.I., doctor of Biological Sciences, Professor
Ivleva N.A., candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer
Markina V.N., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
FSBEI HE Oryol State Agrarian University, Orel, Russia, e-mail: n.yarovan@yandex.ru,

ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЮСОВ НА ОСНОВЕ ПРОПОЛИСА И РОДИОЛЫ РОЗОВОЙ ПРИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНЫХ СОСТОЯНИЯХ У КОРОВ

(Use of propolis and rhodiola rosa boluses in corps with iron deficiency)

Аннотация. В статье представлены результаты эксперимента, посвященного проблеме железодефицитной анемии у голштинских коров, содержащихся в условиях промышленного комплекса. Железодефицитная анемия является распространенным заболеванием среди молочного скота, особенно среди высокопродуктивных пород, таких как голштинский скот. Недостаточность железа ведет к снижению производительности животных, ухудшению качества молока и уменьшению общей жизнеспособности поголовья. Использование традиционных методов лечения с использованием препаратов синтетического происхождения зачастую сопровождается рядом побочных эффектов, включая аллергические реакции и нарушение микрофлоры кишечника. Это диктует необходимость разработки новых подходов к коррекции дефицита железа, основанных на применении натуральных препаратов растительного происхождения. Исследования проводили на животных второй лактации (месяц после отела), у которых обнаружено низкое содержание сывороточного железа в крови. У коров контрольной группы был основной рацион хозяйства без применения дополнительных средств заместительной терапии, в качестве средства для коррекции железодефицитных состояний коровам первой опытной группы к основному рациону при утреннем кормлении задавали болюсы на основе прополиса, а животным второй опытной группы основной рацион и болюсы на основе прополиса и родиолы розовой. Болюсы задавали в течении 35 дней вместе с кормом один раз в день. Проведенный мониторинг этиологических факторов позволяет в качестве эффективного средства борьбы с микроэлементозом использовать биологически активную добавку в форме болюсов, основанных на натуральных ингредиентах, которые отличаются богатым витаминно-минеральным профилем и обладают выраженным антиоксидантным и адаптогенным действием.

Ключевые слова: голштинские коровы, стресс, сывороточное железо, железодефицитные состояния, антиоксиданты, адаптогены, прополис, родиола розовая.

Abstract. The article presents the results of an experiment on the problem of iron deficiency anemia in Holstein cows kept in an industrial complex. Iron deficiency anemia is a common disease among dairy cattle, especially among highly productive breeds such as Holstein cattle. Iron deficiency leads to a decrease in animal productivity, a deterioration in milk quality and a decrease in the overall viability of livestock. The use of traditional methods of treatment using synthetic drugs is often accompanied by a number of side effects, including allergic reactions and intestinal microflora disorders. This necessitates the development of new approaches to iron deficiency correction based on the use of natural herbal preparations. The studies were conducted on animals of the second lactation (one month after calving), in which a low serum iron content was found in the blood. The cows of the control group had the main diet of the farm without the use of additional means of substitution therapy, as a means to correct iron deficiency conditions, the cows of the first experimental group were given propolis-based boluses to the main diet during morning feeding, and the animals of the second experimental group were given the main diet and boluses based on propolis and Rhodiola rosea. Boluses were given once a day for 35 days along with the feed. The monitoring of etiological factors makes it possible to use a biologically active supplement in the form of boluses based on natural ingredients that have a rich vitamin and mineral profile and have pronounced antioxidant and adaptogenic effects as an effective means of combating microelementosis.

Keywords: Holstein cows, stress, serum iron, iron deficiency, antioxidants, adaptogens, propolis, rhodiola rosea.

Введение. Широко известно, о том, что поддержание здоровья, обеспечение максимальной продуктивности, продление сроков хозяйственного использования, а также сохранение численности поголовья крупного рогатого скота в условиях современных агропромышленных комплексов, требуют поступления необходимого количества незаменимых минеральных элементов. Их недостаток провоцирует значительные нарушения в метаболическом статусе, ослабляет общую сопротивляемость организма и снижает продуктивность животных. Сложные биохимические процессы, протекающие в организме, направленные на реализацию метаболических процессов и повышение продуктивности животных, возможны лишь при достаточной активности специфических ферментативных систем, определяющихся наличием кофакторов, включающих минералы и витамины. Традиционные методы устранения недостаточно-

сти минеральных веществ заключаются в предоставлении животным неорганических форм (например, сульфатов, карбонатов, хлоридов и фосфатов) [1]. Однако, всё больше современных исследований подтверждают факт взаимной несовместимости некоторых из них, приводящий к образованию трудно растворимых соединений, ограничивающих всасывание и усвояемость минералов организмом. Ряд исследователей подчеркивают преимущество органических форм минеральных соединений перед неорганическими аналогами. Наибольшее внимание уделяется природным источникам таких органических соединений, которые обладают высоким уровнем доступности и биологической активности [2, 3].

Для достижения высоких темпов производства молока используются голштинские коровы, которые являются одной из самых распространенных молочных пород крупного рогатого скота. Однако интенсивное производство молока приводит к значительному расходованию ресурсов организмом, включая железо, которое играет ключевую роль в синтезе гемоглобина. Дефицит железа вызывает снижение иммунной защиты и ухудшение общего состояния животного, что отрицательно сказывается на качестве и количестве производимого молока. Заболевания, вызванные дефицитом железа, ведут к значительным экономическим потерям для производителей молока. Уменьшение объема молока, увеличение затрат на лечение и потерю племенных качеств животных негативно влияют на рентабельность хозяйства. Поэтому своевременная профилактика и коррекция железодефицитной анемии становятся важнейшими элементами эффективного управления стадом. Современные тенденции в животноводстве заключаются в минимизации использования синтетических кормовых добавок в виду риска их негативного влияния на здоровье потребителей продуктов животного происхождения. Применение экологически чистых, безопасных и экономически выгодных решений становится приоритетом для фермерских хозяйств. Последние научные достижения подтверждают эффективность использования натуральных биологически активных добавок в профилактике железодефицитной анемии. Исследования показывают, что включение биологически активных и кормовых добавок в рацион коров значительно улучшает показатели крови, повышает продуктивность и снижает заболеваемость [4].

Таким образом, разработка научно обоснованной методики коррекции железодефицитной анемии с использованием натуральных компонентов представляет собой важную научную проблему и имеет значительный потенциал для внедрения в сельскохозяйственное производство. Анализ выше сказанного, позволяет считать, что проблема коррекции железодефицитной анемии у голштинских коров остается актуальной и требует пристального внимания исследователей и практических специалистов ветеринарного профиля.

Целью настоящих исследований являлось изучение проблемы, посвященной железодефицитной анемии у голштинских коров, проведению мониторинга этиологических факторов, позволяющих в качестве эффективного средства борьбы с микроэлементозом использовать биологически активную добавку в форме болюсов, основанных на натуральных ингредиентах, которые отличаются богатым витаминно-минеральным составом и обладают выраженным антиоксидантным и адаптогенным действием.

Материалы и методы исследования. Исследования по исследованию коров голштинской породы проводились на базе ООО «АПК Юность». Для эксперимента отобраны животные второй лактации (месяц после отела), которые были разделены в три группы по 5 голов в каждой. У всех животных проводили забор крови из подхвостовой вены в вакуумные пробирки, одни содержащие этилендиаминуксусную кислоту, а другие с активатором свертывания – сухими кристаллами диоксида кремния, для проведения гематологического и биохимического исследования крови. У коров контрольной группы был основной рацион (ОР) хозяйства без применения дополнительных средств заместительной терапии, в качестве средства для коррекции железодефицитных состояний коровам первой опытной группы к основному рациону при утреннем кормлении задавали болюсы на основе прополиса, а животным второй опытной группы ОР и болюсы на основе прополиса и родиолы розовой. Болюсы задавали в течении 35 дней вместе с кормом один раз в день. Оценку изменений со стороны системы крови проводили путем исследования сывороточного железа на 20-ый, 30-ый и 40-ой день опыта. Забор крови проводили из подхвостовой вены.

Результаты исследования и их обсуждения. Предварительное обследование коров голштинской породы, которые находились под воздействием стресс-факторов, обусловленных промышленным содержанием, показало у них дефицит сывороточного железа. Железодефицитная анемия является распространенным заболеванием среди молочного скота, особенно среди высокопродуктивных пород, таких как голштинский скот. Недостаточность железа ведет к снижению производительности животных, ухудшению качества молока и уменьшению общей жизнеспособности поголовья. Использование традиционных методов лечения с применением препаратов синтетического происхождения зачастую сопровождается рядом побочных эффектов, включая аллергические реакции и нарушение микрофлоры кишечника. Это диктует необходимость разработки новых подходов к коррекции дефицита железа, основанных на применении натуральных препаратов растительного происхождения [5, 6, 7].

В качестве таких препаратов нами предлагается использование болюсов на основе прополиса и родиолы розовой, имеющих богатый витаминно-минеральный состав. В составе прополиса содержится более 50 соединений. Наиболее биологически ценными из них являются фенольные соединения, кислоты, витамины и минеральные элементы. Витаминный состав представлен витаминами группы В: B_1 – в количестве от 4 до 4,5 мкг/г, B_2 – от 20 до 30 мкг/г, B_6 – от 4,5 до 6 мкг/г; витамином А около 0,04 мг, а также витамином Е – 4 мг, а так же никотиновой и пантотеновой кислотами. Используя современные методы анализа уставлено содержание следующих макроэлементов: калия, кальция, фосфора, натрия, магния, се-

ры, хлора, а также многочисленных микро- и ультрамикроэлементов: алюминия, ванадия, железа, марганца, цинка, и кремния, стронция, селена, циркония, ртути, фтора, сурьмы, кобальта и других. Благодаря такому разнообразному и богатому составу прополиса он обладает широким фармакологическим спектром действия, а входящие в него эссенциальные минеральные элементы профилактируют и корректируют макро- и микроэлементозы у животных [8, 9].

Усилить действие прополиса можно сочетанием его с родиолой розовой, которая имеет богатый химический состав, обуславливает положительное влияние на систему кроветворения. Родиола розовая известна содержанием следующих биологически активных соединений: гликозидов, органических кислот, эфирных масел, кумаринов, флавоноидов, тритерпенов, фенилпропаноидов, фенольных кислот и производных фенилэтанола, марганца, серебра, цинка, меди, а также особенностью является способность корневища депонировать соли марганца, соли селена и соли железа. Из указанных эссенциальных минеральных элементов состоит так называемый «кроветворный комплекс», составляющие которого совместно с железом являются неотъемлемой частью процессов кроветворения.

Максимально содержится железо в органах, выполняющих гемопоэтическую, гемолитическую и депонирующую функцию, а также непосредственно в крови. Организм животного содержит геминовую и негеминовую формы железа. К геминовой форме относится гемоглобин, миоглобин и гемосодержащие ферменты; к негиминовой – трансферин, ферритин, гемоседерин. Лучшему всасыванию железа способствует наличие антиоксидантов: аскорбиновой кислоты, витамина Е, серосодержащих аминокислот, глутатиона. Соединения, содержащие железо, выполняют ряд функций в организме животного: в составе гемоглобина, переносящего кислород и миоглобина, способствующего его сохранению. В тканевом дыхании принимают участие цитохромы, цитохромоксидазы, каталаза и пероксидаза. Ксантиноксидазы и сунцинатдегидрогеназы относятся к феррофлавопротеинам, простетические группы которых содержат железо [8].

При современном индустриальном содержании коров установлено воздействие ряда стресс-факторов, которое вызывает у животных лавинообразный рост свободно-радикального окисления. Особую роль играют антиоксиданты, представленные ферментативными соединениями, одним из которых является церулоплазмин [9]. Обладая высокой ферроксидазной активностью, он препятствует возникновению неферментативных реакций, приводящих к началу образования свободных радикалов и дальнейшего развития перикисного окисления липидов. При расходовании церулоплазмина на антиоксидантные процессы, как следствие наблюдается нарушение и обмен железа. Кроме этого, железодефициту у голштинских коров поспособствовало их физиологическое состояние – месяц после отела, из-за недавних родов (в результате кровопотери) и расходов на образование молока.

При применении болюсов на основе прополиса и родиолы розовой наблюдается снижение расхода церулоплазмина для снижения перекисного окисления, что объясняется вхождением в состав добавок флаваноидов и витаминов. В связи с этим, даже при незначительном содержании железа в прополисе и родиоле розовой происходит коррекция железодефицитных состояний.

Использование предлагаемой биологически активной добавки привело к росту уровня железа в опытных группах коров, которое уже к 10-ому дню составило в первой опытной группе 14,7±0,214 ммоль/л, а во второй – 14,9±0,380 ммоль/л. Контрольные биохимические исследования крови проводились каждые 10 дней и на 20-ые сутки так же отмечен положительные эффект в первой опытной группе сывороточное железо равнялось 15,3±0,160 ммоль/л, а во второй опытной группе – 16,5 ±0,250 ммоль/л. Наибольший подъем уровня железа в крови наблюдали на 30-ые сутки приема болюсов, при чем при приеме болюсов на основе прополиса значения достигли 17,6 ± 0,221 ммоль/л, а при приеме болюсов на основе прополиса и родиолы розовой – 19,8±0,053 ммоль/л. К 40-ым суткам эксперимента уровень железа в крови достиг референтных значений: в первой опытной группе составил – 18,1±0,284 ммоль/л, а во второй опытной группе – 20,0±0,051 ммоль/л (см. рис. 1).

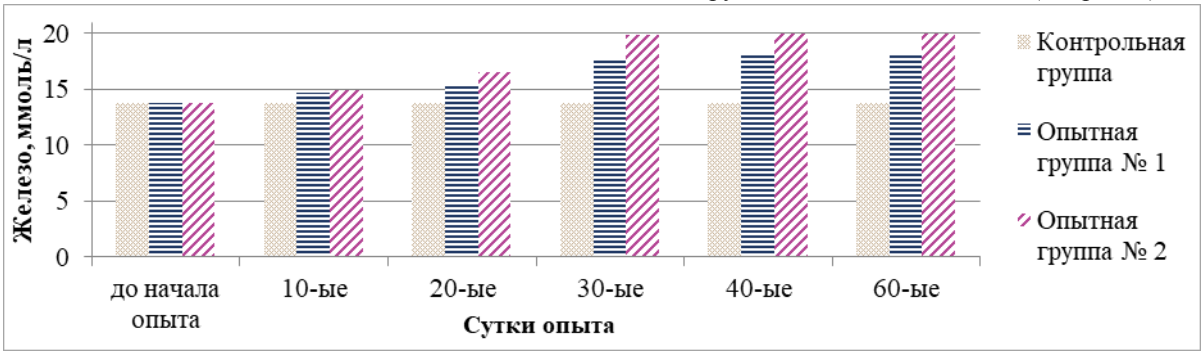


Рис.1 – Изменение содержания уровня сывороточного железа у голштинских коров при применении болюсов на основе прополиса и родиолы розовой

Таким образом, подтверждено положительное действие использования болюсов на основе прополиса и родиолы розовой голштинским коровам, в нормализации минерального обмена. Так, в опытных группах на 40 день установлено повышение уровня железа в крови до физиологических значений.

Наибольшая эффективность проявлялась при применении болюсов, содержащих прополис и родиолу розовую.

Вывод. Результаты проведенного эксперимента показали наличие железодефицита у голштинских коров при промышленном содержании, характеризующемся воздействием ряда стресс-факторов на животных. Как известно, такое содержание приводит к развитию у животных окислительного стресса с множественными метаболическими нарушениями, одним из которых является нарушение минерального обмена, в частности железа. Определенная часть железа в составе антиоксидантов расходуется на подавление свободно-радикальных процессов, что требует дополнительного введения этого минерального элемента. Решение этой проблемы возможно при введении дополнительно к основному рациону болюсов на основе прополиса и родиолы розовой, имеющих богатый витаминно-минеральный состав.

Литература

1. ***Оценка биохимического статуса крови высокопродуктивных коров при разных способах содержания*** / Гусаров И. В. Шутова М.В. Корельская Л.А. Смыслов В. М. // Молочнохозяйственный вестник. – 2021. – №4 (44). – С. 34-47.
2. ***Эффективность использования лекарственного средства «Био-железо с микроэлементами» для профилактики железодефицитной анемии телят*** / А.А. Дельцов, А.С. Барышников, Д.Н. Уразаев// Тезисы докладов международной научной конференции «Лекарственные препараты для животных разработка, производство, эффективность и качество) посвященная 80-летию организации ВГНКИ. – Москва. – 2011. –С. 125-126.
3. ***Антипов, А.А.*** Влияние энтеральных лекарственных препаратов железа на клиническое состояние крыс и морфологию кишечника в эксперименте по изучению острой токсичности / Антипов А.А., Дельцов А.А. // Российский ветеринарный журнал. – 2014. – №1.
4. ***Состояние пероксидного окисления и системы антиоксидантной защиты у коров при патологическом течении послеродового периода и бесплодии*** / Г. Н. Близнецова, М. И. Рецкий, А. Г. Нежданов [и др.] // Современные проблемы диагностики, лечения и профилактики инфекционных болезней животных и птиц: Сборник научных трудов ведущих ученых России, СНГ и других стран / Редакционная коллегия: Донник И.М., Красноперов В.А., Смирнов А.М., Татарчук А.Т., Шкуратова И.А.. Том Выпуск 2. – Екатеринбург: Уральское издательство, 2008. – С. 38-48. – EDN VYXRQX.
5. ***Патент № 2639771 С*** Российская Федерация, МПК A61K 31/00, A61K 31/295, A61K 31/095. Способ профилактики и лечения железодефицитной анемии телят в условиях аридных зон: № 2016139008 : заявл. 04.10.2016: опубл. 22.12.2017 / А. А. Дельцов, А. А. Антипов, Ц. Ц. Содбоев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина" (ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина). – EDN OQEGTE.
6. ***Физиологическое влияние железо-гидроксид полимальтозного комплекса на лабораторных животных при алиментарном введении*** / Максимов В.И., Дельцов А.А., Балакирев Н.А., Козлов С.А., Староверова И.Н. // Известия ТСХА. – 2018. – №4.
7. ***Особенности обмена железа в организме животных и влияние на него фармакологической композиции на основе наножелеза*** / И. С. Михайлова, Н. А. Пудовкин, С. Д. Клюкин, Н. И. Захаркина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 254, № 2. – С. 168-173. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_2_254_168. – EDN KLBDSI.
8. ***Саякова, Г. М.*** Прополис – фармацевтические исследования / Г. М. Саякова, К. М. Анапина // Вестник КазНМУ. – 2014. – №1.
9. ***Propolis: types, composition, biological activities, and veterinary product patent prospecting*** / Santos LM, Fonseca MS, Sokolonski AR, Deegan KR, Araújo RP, Umsza-Guez MA, Barbosa JD, Portela RD, Machado BA. // J Sci Food Agric. – 2020. – P. 1369-1382. – doi: 10.1002/jsfa.10024.
10. ***Яровaн, Н. И.*** Использование прополиса и родиолы розовой для профилактики и коррекции железодефицитных состояний у коров / Н. И. Яровaн, Н. А. Ивлева // Рациональное использование сырья и создание новых продуктов биотехнологического назначения: Материалы V международной научно-практической интернет-конференции по актуальным проблемам в области биотехнологии, Орел, 08 декабря 2022 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина. – 2022. – С. 140-145. – EDN RWHTFF.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 21.11.2025 г.

Яровaн Н.И., доктор биологических наук, профессор, **Ивлева Н.А.,** кандидат биологических наук, старший преподаватель, **Маркина В.Н.,** кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия, e-mail: n.yarovan@yandex.ru

УДК. 615.451.22:615.244

Козлов С.В., доктор ветеринарных наук, профессор,
Строгов В.В., кандидат биологических наук, доцент,
Мариничева М. П., кандидат ветеринарных наук, доцент,
Древко Я.Б., кандидат химических наук, доцент,
Манаенкова Ю. В., кандидат ветеринарных наук, доцент,
Денисова Н.И., кандидат ветеринарных наук, ассистент,
Шелковая А.А., аспирант
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
Kozlov S.V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor
Strogov V.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Marinicheva M.P., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Drevko Ya.B., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
Manaenkova Yu.V., Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor
Denisova N.I., Candidate of Veterinary Sciences, Assistant
Shelkovaya A.A., Graduate Student
Saratov State University of genetics, biotechnology and engineering named after N.I. Vavilov, Saratov

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВОЙ ИНЪЕКЦИОННОЙ ФОРМЫ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОГО ПРЕПАРАТА

(Study of chemical-pharmaceutical and toxicological properties of a new injectable form of a hepatoprotective drug)

Аннотация. В настоящее время очень актуальным вопросом является поддержание здоровья сельскохозяйственных и непродуктивных животных. Самыми распространенными являются заболевания гепатобилиарной системы. Ветеринарные специалисты в условиях предприятий часто встречаются с такими патологиями как диетический гепатоз, связанный с дефицитом селена, бактериальный гепатит, развивающийся на фоне употребления в пищу токсичных веществ. Таким образом, можно сделать вывод о том, что гепатопатии являются следствием воздействия токсинов на организм, а также ввиду несбалансированного питания и недостатка витаминов в рационе животных. Для лечения заболеваний гепатобилиарной системы нами было принято решение создать инъекционную форму гепатопротекторного препарата на основе следующих действующих веществ: орнитин, берберин, метилурацил, наночастицы селена.

Ключевые слова: гепатобилиарная система, гепатоз, гепатит, токсичные вещества, орнитин, берберин, метилурацил, наночастицы селена.

Abstract. Currently, maintaining the health of agricultural and non-productive animals is a very pressing issue. The most common are diseases of the hepatobiliary system. Veterinary specialists in production conditions often encounter such pathologies as alimentary hepatosis associated with selenium deficiency, bacterial hepatitis developing against the background of eating toxic substances. Thus, it can be concluded that hepatopathies are a consequence of the effects of toxins on the body, and are also caused by unbalanced nutrition and lack of vitamins in the diet of animals. To prevent the development of liver diseases, we decided to create an injectable form of a hepatoprotective drug based on the following active ingredients: ornithine, berberine, methyluracil, selenium nanoparticles.

Key words: hepatobiliary system, hepatosis, hepatitis, toxic substances, ornithine, berberine, methyluracil, selenium nanoparticles.

Введение. В условиях промышленного разведения гепатозом страдает около 30-60% поголовья, что несет большой экономический ущерб. Это связано со снижением молочной продуктивности, ухудшением качества мяса, выбраковка печени [4].

Орнитин-непротеиногенная аминокислота, заменимая в питании животных, не входящая в состав белков, играет важную роль в биосинтезе мочевины. При введении в организм орнитин проявляет себя в качестве эффективного гепатопротектора [1, 8, 9, 10, 17, 18].

Берберин представляет собой растительный алкалоид. На молекулярном уровне он способствует повышению чувствительности клеток печени к инсулину, что ведет к улучшению метаболических процессов в этом органе и снижению уровня глюкозы в крови. Берберин также способствует более эффективной переработке жиров в печени и уменьшает содержание триглицеридов, что помогает предотвратить возникновение жировой дистрофии [5, 12, 13, 14, 15, 21, 23, 24].

Кроме того, берберин защищает печень от повреждений, вызванных токсинами. Он обладает мощными антиоксидантными свойствами, что позволяет ему нейтрализовать свободные радикалы, наносящие ущерб клеткам печени. Берберин снижает воспалительные процессы в печени, уменьшая уровень цитокинов и других воспалительных медиаторов [3].

Метилурацил активизирует обмен веществ в тканях. Обладает анаболической активностью. Оказывает гемопоэтическое, лейкопоэтическое, иммуностимулирующее, противовоспалительное действие. Нормализуя нуклеиновый обмен, ускоряет процессы регенерации, ускоряя рост и грануляционное созревание ткани и эпителизацию (в том числе в быстро пролиферирующих клетках слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта), стимулирует эритро- и лейкопоэз, клеточные и гуморальные факторы иммунитета [6].

Наночастицы селена оказывают положительное влияние на здоровье животных, улучшая их иммунитет, репродуктивную функцию и общее состояние. Они также могут повышать устойчивость к болезням и улучшать метаболизм [2, 7, 11, 16, 19, 20, 22, 25].

Цели и задачи

Целью данного исследования являлось разработка инъекционной формы нового комплексного гепатопротекторного препарата. Исходя из этого перед нами были поставлены следующие задачи:

1. Конструирование инъекционной формы гепатопротекторного препарата;
2. Исследовать стабильность лекарственного препарата, методом ускоренного старения;
3. Определить острую токсичность нового комплексного гепатопротекторного препарата.

Материалы и методы

Исследования проводились на базе кафедр «Болезни животных и ВСЭ», «Микробиология и биотехнология», ЦКП «Молекулярная биология» ФГБОУ ВО Вавиловского университета.

На первом этапе нашей работы, проводилась подготовка действующих веществ и лабораторной посуды.

Все действующие вещества (орнитин, берберин, метилурацил, наночастицы селена) взвешивались на аналитических весах в соответствии с рецептурой. Лабораторная посуда (флаконы, крышки) проходила стерилизацию в автоклаве и сухожаровом шкафу.

После этого в стерильный флакон помещался орнитин и берберин, закрывался крышкой и ставился на шаровую мельницу с шариками 3мм на сутки для того, чтобы получился однородный порошок. В другом флаконе таким же методом измельчались наночастицы селена. Затем полученные образцы отделялись от шариков, пересыпались в один флакон, к ним добавлялся метилурацил. Флакон со всеми веществами оставляли на шаровой мельнице на сутки для измельчения и однородного перемешивания. После того как порошок стал однородным его снимали с мельницы, отделяли препарат от шариков через сито.

Следующим этапом нами была проведена стабильность лекарственного препарата, методом ускоренного старения препарата.

Метод «ускоренного старения» заключается в выдерживании испытуемого лекарственного средства при температурах, превышающих температуру его хранения.

Нами проводилось исследование по ниже представленным показателям:

1. Влияние температурного фактора;
2. Воздействие повышенной влажности.

Для опыта по «ускоренному старению» лекарственных средств должны использовался термостат. При температуре + 60°С.

Для изучения воздействия повышенной влажности проба препарата помещалась во влажную камеру со влажностью 75%.

Затем проводилось определение острой токсичности гепатопротекторного препарата в соответствии с ГОСТ 32644-2014. Нами было сформировано 4 группы белых нелинейных беспородных мышей по 3 головы в каждой (см. таблицу 1).

Таблица 1 – группы животных для определения острой токсичности

№ группы	Дозировка вводимого препарата
Группа 1	1000 мг/кг
Группа 2	2000 мг/кг
Группа 3	3500 мг/кг
Группа 4	5000 мг/кг

Результаты исследований. Нами был сконструирован опытный образец препарата, в состав которого входили орнитин, берберин, метилуроцил, селен. Полученные образцы были помещены в стерильные флаконы и запечатаны для сохранения стерильности и дальнейшего использования в стрессовых испытаниях для оценки старения лекарственного средства при воздействии температуры и относительной влажности и оценки острой токсично (Рис.1).

В результате стрессовых испытаний, во время которых 1 образец находился при температурах 60°С, 2 образец при влажности 75% в течении 60 дней нами было установлено следующее:

1. Образцы не поменяли окраса;
2. Структура образца №1 не была нарушена;
3. Образец №2 при воздействии влажности не терял свою однородную структуру.

Исследование острой токсичности по ГОСТ 32644-2014 проводилось следующим образом. Животным внутрибрюшинное вводился препарат в дозах 5000 мг/кг, 3500 мг/кг, 2000 мг/кг и 1000 мг/кг соответственно (Таблица 2).



Рис. 1 – Образец гепатопротекторного препарата

Таблица 2 – Массы опытных животных и вводимая дозировка

№	Группа 1		Группа 2		Группа 3		Группа 4	
	Масса, г	Вводимая доза, 1000 мг/кг	Масса, г	Вводимая доза, 2000 мг/кг	Масса, г	Вводимая доза, 3500 мг/кг	Масса, г	Вводимая доза, 5000 мг/кг
1	23	23	24	48	25	87,5	24	120
2	20	20	24	48	23	80,5	24	120
3	25	25	22	44	25	87,5	24	120

В четвертой группе после введения препарата у животных наблюдалось угнетенное состояние, отказ от корма и воды, учащенное дыхание и признаки интоксикации. На вторые сутки состояние то же, погибших животных не было (Таблица 3).

В третьей группе после введения препарата наблюдались, угнетенное состояние, учащенное дыхание, отказ от корма. Спустя стуки, у остальных наблюдалось угнетенное состояние, через сутки не погибло ни одно животное. Спустя неделю после введения препарата признаков интоксикации у животных не наблюдались. По итогу спустя 14 суток падежа оставшихся животных не наблюдалось (Таблица 3).

Во второй группе после введения препарата наблюдалось угнетенное состояние, учащенное дыхание, данное состояние проявлялось на протяжении недели. Спустя неделю состоянии животных пришло в норму. По итогу спустя 14 суток падежа животных не наблюдалось (Таблица 3).

В первой группе после введения препарата отмечалось угнетенное состояние, учащенное дыхание, но спустя двое суток состояние животных приходило в норму. По итогу спустя 14 суток падежа животных не наблюдалось. Результаты представлены в таблице № 3.

Таблица 3 – Данные гибели животных при оценки острой токсичности

	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Группа 4
0 сутки	0	0	0	0
1 сутки	0	0	0	0
2 сутки	0	0	0	0
3 сутки	0	0	0	0
7 сутки	0	0	0	0
14 сутки	0	0	0	0

Исходя из этих данных, токсическое воздействие оказывалось при дозировках от 2000 мг/кг до 5000 мг/кг. Согласно ГОСТ 32644-2014 нами было установлено, что препарат относится к 5 классу опасности, вещества не опасные.

Заключение. В результате проведенных исследований нами был получен образец комплексного инъекционного гепатопротекторного препарата, который в дальнейшем может быть использован на животноводческих предприятиях с целью лечения заболеваний гепатобилиарной системы. Так же было проведено исследование стабильности лекарственного препарата, методом ускоренного старения, которое позволило доказать, что препарат не теряет своей стабильности при неблагоприятных воздействиях (высокой температуре и влажности). При проведении острой токсичности согласно ГОСТ 32644-2014 было установлено, что препарат относится к 5 классу опасности, вещества не опасные.

Публикация выполнена в ходе проведения поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации госзадания Министерства науки и высшего образования РФ (№№ 1922025/1024112600036-6-4.3.1).

Литература

1. ***Большая Медицинская Энциклопедия*** (БМЭ), под редакцией Петровского Б.В., 3-е издание.
2. ***Горшунова, С. В.*** Наночастицы селена как кормовая добавка для сельскохозяйственных животных / С. В. Горшунова, Я. Б. Древко // Зыкинские чтения : Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора медицинских наук, профессора Леонида Федоровича Зыкина, Саратов, 28 апреля 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 49-53.
3. ***Китаева, М. П.*** Берберин - биологически активное вещество с цитостатическими свойствами / М. П. Китаева // Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: Сборник научных трудов Международной научной конференции, Москва, 17–18 декабря 2020 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений", 2020. – С. 385-392. – DOI 10.52101/9785870190921_2021_8_385.
4. ***Козлов С.В.*** Проведение исследований по оценке кумулятивных свойств нового лекарственного препарата для ветеринарного применения «метилурацил-ри» / С. В. Козлов, Е. С. Козлов, Н. И. Денисова [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3. – С. 95-99.
5. ***Толкачев О.Н., Вичканова С.А., Шейченко О.П., Фатеева Т.В., Крепкова Л.В., Бортникова В.В., Сидельников Н.И.*** Растительные препараты ФГБНУ ВИЛАР на основе алкалоидов: результаты и перспективы. Бензилизохинолины – биологическая активность // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. -2016. - № 10. - С. 3-14.
6. ***Хазимухаметова, И. Ф.*** Уровень метаболических процессов у коров при гепатозе / И. Ф. Хазимухаметова // Аграрный вестник Урала. – 2003. – № 6(18). – С. 26-28.
7. ***Amin K. A. et al.*** Antioxidant and hepatoprotective efficiency of selenium nanoparticles against acetaminophen-induced hepatic damage //Biological trace element research. – 2017. – Т. 175. – С. 136-145.
8. ***Butterworth, R. F., Kircheis, G., Hilger, N., McPhail, M. J. W.*** Effect of L-ornithine L-aspartate for the treatment of hepatic encephalopathy and hyperammonemia in cirrhosis: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Exp Hepatol*, 2018. DOI: 10.1016/j.jceh.2018.05.004.
9. ***Ermolova T., Ermolov S.*** Correction of intrahepatic microcirculation disorders by L-ornithine L-aspartate in chronic liver disease patients. J Hepatol. 2018;68(Suppl 1):S585–6.
10. ***Grungreiff K., Lambert-Baumann J.*** Efficacy of L-ornithine L-aspartate granules in chronic liver diseases // Medical World. 2001. Vol. 52. P. 219–226.
11. ***Hamza R. Z., AlAl-Motaan S. E., Malik N.*** Protective and antioxidant role of selenium nanoparticles and vitamin C against acrylamide induced hepatotoxicity in male mice. – 2019.
12. ***Hu X. et al.*** Berberine is a potential therapeutic agent for metabolic syndrome via brown adipose tissue activation and metabolism regulation //American journal of translational research. – 2018. – Т. 10. – №. 11. – С. 3322.
13. ***Imenshahidi M., Hosseinzadeh H.*** Berberis vulgaris and berberine: an update review //Phytotherapy research. – 2016. – Т. 30. – №. 11. – С. 1745-1764.
14. ***Jantová S. et al.*** Effect of berberine on proliferation, cell cycle and apoptosis in HeLa and L1210 cells //Journal of pharmacy and pharmacology. – 2003. – Т. 55. – №. 8. – С. 1143-1149.
15. ***Li X. Y. et al.*** Effect of Berberine on promoting the excretion of cholesterol in high-fat diet-induced hyperlipidemic hamsters //Journal of translational medicine. – 2015. – Т. 13. – С. 1-9.
16. ***Li W. G. et al.*** Regional distribution of liver cancer and its relation to selenium levels in Qidong County, China //Zhonghua Zhong liu za zhi [Chinese Journal of Oncology]. – 1986. – Т. 8. – №. 4. – С. 262-264.
17. ***Najmi A.K., Pillai K.K., Pal S.N., Akhtar M., Aqil M.,Sharma M.*** Effect of L-ornithine L-aspartate against thioacetamide-induced hepatic damage in rats. Ind J Pharmacol. 2010;42:384–7.
18. ***Pasha Y., Leech R., Violante I.R., Cook N., Crossey M.M.E., Taylor-Robinson S.D.*** The brain-muscle axis in minimal hepatic encephalopathy (MHE): a placebo-controlled, longitudinal double-blind trial with L-ornithine Laspartate (LOLA) — preliminary results. J Clin Exp Hepatol. 2017;7:S1–S21.
19. ***Qiu Y. et al.*** Effects of selenium nanoparticles on preventing patulin-induced liver, kidney and gastrointestinal damage //Foods. – 2022. – Т. 11. – №. 5. – С. 749.
20. ***Shang N. et al. The*** functions of selenium and selenoproteins relating to the liver diseases //Journal of Nanoscience and Nanotechnology. – 2019. – Т. 19. – №. 4. – С. 1875-1888.
21. ***Singh N., Sharma B.*** Toxicological effects of berberine and sanguinarine //Frontiers in molecular biosciences. – 2018. – Т. 5. – С. 21.
22. ***Sun L. H. et al.*** Response of selenium and selenogenome in immune tissues to LPS-induced inflammatory reactions in pigs //Biological trace element research. – 2017. – Т. 177. – С. 90-96.
23. ***Wang H. et al.*** Metformin and berberine, two versatile drugs in treatment of common metabolic diseases //Oncotarget. – 2017. – Т. 9. – №. 11. – С. 10135.
24. ***Wang Y., Zidichouski J. A.*** Update on the benefits and mechanisms of action of the bioactive vegetal alka-

loid berberine on lipid metabolism and homeostasis //Cholesterol. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 7173920

25. ***Zhang J., Wang H., Yu H.*** Thioacetamide-induced cirrhosis in selenium-adequate mice displays rapid and persistent abnormity of hepatic selenoenzymes which are mute to selenium supplementation //Toxicology and applied pharmacology. – 2007. – Т. 224. – №. 1. – С. 81-88.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Сергей Васильевич Козлов, доктор ветеринарных наук, профессор, **Владимир Викторович Строгов**, кандидат биологических наук, доцент, **Мариничева Марина Петровна**, кандидат ветеринарных наук, доцент, **Древко Ярослав Борисович**, кандидат химических наук, доцент, **Манаенкова Юлия Васильевна**, кандидат ветеринарных наук, доцент, **Денисова Наталия Игоревна**, кандидат ветеринарных наук, ассистент, **Анастасия Андреевна Шелковая,** аспирант, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия

УДК 631.147: 631.87: 633.11

Горькова[1] **И.В.,** доктор технических наук, профессор
Шатохин[1] **К.А.**, аспирант
Горьков[1,2] **А.А.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник
Яковлева[1] **И.В.**, старший преподаватель
Gorkova[1] **I.V.,** Doctor of Technical Sciences, Professor
Shatokhin[1] **K.A.,** Postgraduate Student
Gorkov[1,2] **A.A.,** Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, leading research fellow
Yakovleva[1] **I.V.,** senior lecturer
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»
[2]ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур», e-mail: irigorkova-orel@yandex.ru
[1]Federal State Budgetary Educational Institution higher education
"Oryol State Agricultural University named after N.V. Parakhin"
[2]Federal State Budgetary Scientific Institution
"Federal Scientific Center for Grain Legumes and Cereal Crops",e-mail: irigorkova-orel@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ БИООРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ОПЫТА (2024–2025 ГГ.)

(Influence of bioorganic fertilizers on the structural elements of spring wheat productivity under field experiment conditions (2024–2025))

Аннотация. В статье представлены результаты двухлетнего полевого опыта по изучению влияния биоудобрений, содержащие активные метаболиты почвенных микроорганизмов на структурные элементы урожайности двух сортов яровой мягкой пшеницы — «Дарья» и «Триада». Проведена статистическая обработка данных с расчётом среднего значения, стандартного отклонения и коэффициента вариации. Анализ структурных элементов продуктивности яровой пшеницы позволил выявить различную степень стабильности морфологических признаков в ответ на годовые изменения условий и применение биоорганических удобрений. Такие параметры, как число зёрен в главном колосе и масса зерна с главного колоса, продемонстрировали относительную стабильность во времени независимо от года выращивания. Установлено, что обработка биоудобрениями способствует достоверному увеличению кустистости (в 2–4 раза), общей массы зерна с растения и стабилизации продуктивности. Наибольший положительный эффект наблюдался при использовании биоудобрений, полученных на основе биотехнологии почвенной микробиотой лугового сена, подстилочного навоза и соломы гречихи. Двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) выявил высокозначимое влияние как сорта ($p < 0,001$), так и варианта обработки ($p < 0,001$) на общую массу зерна с растения, а также достоверное взаимодействие между этими факторами ($p = 0,01$), что указывает на дифференцированную реакцию сортов на применяемые препараты. Проведенные двухлетние испытания биоорганических удобрений свидетельствует о высокой однородности реакции растений на обработку и стабильности действия. Результаты подтверждают перспективность применения биоудобрений для повышения продуктивности и устойчивости яровой пшеницы в условиях изменчивого климата.

Ключевые слова: яровая пшеница, биоудобрения, структура урожайности, масса 1000 зёрен, кустистость, колос, полевой опыт, статистический анализ.

Abstract. The article presents the results of two years of field experience in studying the effect of various biological products on the structural elements of the yield of two varieties of spring soft wheat — "Daria" and "Triada". Statistical processing of the data was performed, calculating the mean, standard deviation, and coefficient of variation. Analysis of the structural elements of spring wheat productivity revealed varying degrees of stability of morphological traits in response to annual changes in conditions and the use of bioorganic fertilizers. Parameters such as the number of grains in the main spike and the grain weight per main spike demonstrated relative stability over time, regardless of the year of cultivation. Biofertilizer treatment was found to significantly increase tillering (by 2–4 times), total grain weight per plant, and stabilize productivity. The greatest positive effect was observed with biofertilizers obtained through biotechnology using the soil microbiota of meadow hay, bedding manure, and buckwheat straw. A two-way analysis of variance (ANOVA) revealed a highly significant effect of both variety ($p < 0.001$) and treatment ($p < 0.001$) on total grain weight per plant, as well as a significant interaction between these factors ($p = 0.01$), indicating differential responses of the varieties to the applied products. Two-year trials of bioorganic fertilizers demonstrate a high degree of uniformity in plant response to treatment and consistent performance. The results confirm the potential of using biofertilizers to improve the productivity and resilience of spring wheat in variable climates.

Keywords: spring wheat, biological products, yield structure, weight of 1000 grains, bushiness, ear, field experience, statistical analysis.

Введение. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур значительно возрастает в результате правильной организации агрохимических приёмов, особенно в зонах с неустойчивым климатом.

Дополнительные некорневые подкормки новыми биоорганическими удобрениями на основе метаболитов почвенных микроорганизмов и гуматов, оптимизируют условия наиболее активного роста и развития растений, регулируют питание растений через корни и листья [1, 2]. Подобные удобрения обладают потенциальными преимуществами перед неорганическими удобрениями в плане повышения плодородия почвы и урожайности без нанесения ущерба окружающей среде, таких как уплотнение почвы, эвтрофикация водоёмов, чрезмерное потребление энергии, загрязнение воздуха, что наблюдается с чрезмерным использованием неорганических удобрений [3]. Получение биоорганических удобрений — это экологичная технология, основанная на биотехнологии отходов растениеводства и животноводства [4]. В ее основе заложен принцип биотрансформации лигноцеллюлозного сырья с помощью почвенных микроорганизмов: *Bacillus megaterium, Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis, Bacillus mycoides, Azotobacter chroococcum, Pseudomonas fluorescen* [5, 6]. Обработка посевного материала, растений на различных фазах вегетации и пожнивных остатков биоорганическими удобрениями нового поколения, активизируя физиологические процессы, позволяет реализовать генетический потенциал урожайности с минимизированным использованием других видов удобрений, а также способствует постепенному восстановлению биологической активности, структуры и естественного плодородия почв [7, 8].

Структурные элементы урожайности — такие как кустистость, число зёрен в колосе, масса 1000 зёрен и общая масса зерна с растения — являются интегральными показателями генетического потенциала сорта и эффективности агротехнических приёмов. Их анализ позволяет объективно оценить влияние внешних факторов, включая обработку биоудобрениями [9].

Цель исследований: проанализировать влияние различных биоорганических удобрений на морфопродуктивные признаки двух сортов яровой пшеницы — «Дарья» и «Триада» — в условиях полевого опыта в 2024–2025 гг. с применением статистических методов анализа.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в течение двух лет (2024 и 2025 гг.) в полевых условиях ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур». Объектами служили сорта яровой мягкой пшеницы: «Дарья» — среднеранний сорт с хорошей устойчивостью к полеганию; «Триада» — высокоурожайный сорт с устойчивостью к основным болезням. Внекорневая обработка проводилась двукратно в стадии кущения и начала выхода в трубку с интервалом 2 недели, опытными вариантами биоорганических удобрений, полученных микробной ферментацией растительных остатков и подстилочного навоза: 1-лугового сена; 2-подстилочного навоза; 3- пшеничной соломы; 4 - соломы гречихи.

Опыт был заложен по принципу однорядного последовательного расположения делянок с четырёхкратной повторностью со стандартным высевом семян. Выборка с каждого варианта составляла по 10 растений, учёт показателей продуктивности проводился по каждому растению отдельно [10].

Для оценки надёжности результатов проведена статистическая обработка в программе Microsoft Excel [11].

Результаты и обсуждение. Новые составы биоудобрений содержат комплекс метаболитов активных почвенных микроорганизмов, включая поли-бета-гидроксимасляную кислоту, проявляющую свойства иммунизирующего фунгицида, регулятора роста. Преимуществами использования является малая концентрация (10^{-9}-10^{-12}%) биоудобрения и высокая эффективность в увеличении продуктивности. Изучение структурных элементов продуктивности пшеницы является не отъемлющей частью проведения апробационных испытаний создаваемых биоудобрений. Важен правильный выбор показателей, коррелирующих с хозяйственными признаками и урожайностью. Изучаемые показатели варьируют в зависимости от варианта обработки, года возделывания и среди выборки.

Сравнение структурных элементов урожайности сорта Дарья в 2024 и 2025 гг. по вариантам обработки ($НСР_{0,05}$) представлено в таблице 1.

Анализ структурных элементов продуктивности яровой пшеницы позволил выявить различную степень стабильности морфологических признаков в ответ на годовые изменения условий и применение биоорганических удобрений. Такие параметры, как число зёрен в главном колосе и масса зерна с главного колоса, продемонстрировали относительную стабильность во времени независимо от года выращивания. Это объясняется генетически обусловленной программой формирования колоса у данных сортов: количество цветков и, как следствие, потенциальное число зёрен закладывается уже в фазе кущения и слабо подвержено колебаниям внешней среды при отсутствии экстремальных стрессов. В то же время показатели кустистости, длины колоса и, особенно, общей массы зерна с растения оказались значительно более вариабельными — как между годами, так и в зависимости от типа обработки. Это указывает на их высокую чувствительность к агроэкологическим факторам, включая влагообеспеченность, температурный режим и, что особенно важно, физиологическое действие биостимуляторов.

В контрольных вариантах наблюдался выраженный межгодовой контраст. Так, у сорта «Дарья» общая масса зерна с растения в 2025 г. (3,02 г) превысила показатель 2024 г. (1,31 г) более чем в два раза. Одновременно возросли кустистость (с 1,3 до 3,0 колоса) и масса 1000 зёрен (с 24,87 до 35,59 г). 2025 год был более благоприятным по гидротермическому режиму, что способствовало как активному образованию продуктивных побегов, так и полноценному наливу зерна. Аналогичная тенденция зафиксирована и у сорта «Триада»: масса 1000 зёрен в контроле возросла с 38,61 г в 2024 г. до 50,98 г в 2025 г., что косвенно подтверждает гипотезу о природно-климатических факторах обеспеченности второго года исследований.

Таблица 1 - Сравнение структурных элементов урожайности сорта Дарья в 2024 и 2025 гг. по вариантам обработки ($НСР_{0,05}$)

Вариант	Признак	2024, M ± SD	2025, M ± SD	$НСР_{0,05}$	Достоверность
	Высота растения, см	75,5	82,18	7,774	нет
	Кустистость (кол-во колосьев)	1,3	3	1,041	да
	Длина главного колоса, см	8,761	7,38	0,841	да
	Число зерен в главном колосе	33	34,7	7,073	нет
	Масса зерна с главного колоса, г	1,061	1,235	0,414	нет
	Масса 1000 зерен, г	24,87	35,59	—	—
Контроль	Общая масса зерна с растения, г	1,314	3,017	0,744	да
	Высота	81,2	75,92	4,763	да
	Кустистость	4,3	3,4	1,574	нет
	Длина колоса	9,434	8,61	0,627	да
	Число зерен	43,2	39,6	5,892	нет
	Масса зерна с главного колоса	1,244	1,2	0,46	нет
	Масса 1000 зерен	30,35	29,56	—	—
1	Общая масса зерна	2,961	2,938	1,134	нет
	Высота	78,3	80,41	4,845	нет
	Кустистость	4,2	3,7	1,576	нет
	Длина колоса	8,479	8,09	0,582	да
	Число зерен	35,3	39,7	6,028	нет
	Масса зерна с главного колоса	0,905	1,344	0,428	да
	Масса 1000 зерен	32,25	34,83	—	—
2	Общая масса зерна	2,152	3,518	0,914	да
	Высота	75,4	74,42	5,999	нет
	Кустистость	3	3,8	1,665	нет
	Длина колоса	8,827	7,8	1,127	да
	Число зерен	39,8	37,6	8,273	нет
	Масса зерна с главного колоса	0,863	1,143	0,538	да
	Масса 1000 зерен	20,46	31,23	—	—
3	Общая масса зерна	1,943	3,767	1,157	да
	Высота	78	80,34	5,082	нет
	Кустистость	1,3	3,1	1,28	да
	Длина колоса	8,516	7,96	0,709	да
	Число зерен	40,6	36,2	7,136	нет
	Масса зерна с главного колоса	1,063	1,242	0,476	нет
	Масса 1000 зерен	24,92	33,58	—	—
4	Общая масса зерна	1,339	3,057	0,773	да

Наибольший положительный эффект от обработки биоудобрениями был получен в варианте 2 (на основе подстилочного навоза) в 2025 г. У сорта «Дарья» общая масса зерна составила 3,77 г при кустистости до 10 колосьев у отдельных растений. При этом масса 1000 зёрен снизилась до 31,23 г по сравнению с контролем (35,59 г). Это свидетельствует о реализации компенсационного механизма: стимуляция кущения привела к формированию большего числа продуктивных побегов и колосьев, что сопровождалось перераспределением ассимилятов и, как следствие, уменьшением индивидуальной массы зерна. Тем не менее, общая продуктивность возросла, что подчеркивает агрономическую ценность таких препаратов в условиях, когда приоритет отдаётся не качеству, а общему объёму урожая.

Показателен также эффект стабилизации продуктивности под действием биоудобрений. Например, в контроле коэффициент вариации (CV) общей массы зерна достигал 86,8%, что указывает на крайне нестабильную продуктивность и высокую чувствительность к микрогетерогенности условий и стрессам. В варианте 4, напротив, CV снизился до 46,7 %, а в варианте 1 у сорта «Триада» — даже до 15,9 %. Такое снижение изменчивости говорит о том, что препараты повышают физиологическую устойчивость растений, уравнивая их реакцию на локальные флуктуации среды. Это особенно ценно в условиях изменчивого климата, когда предсказуемость урожая становится не менее важной, чем его абсолютная величина. Сравнение структурных элементов урожайности сорта Триада в 2024 и 2025 гг. по вариантам обработки ($НСР_{0,05}$) представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнение структурных элементов урожайности сорта Триада в 2024 и 2025 гг. по вариантам обработки ($НСР_{0,05}$)

Вариант	Признак	2024, M ± SD	2025, M ± SD	$НСР_{0,05}$	Достоверность
Контроль	Высота, см	76,3	71,1	4,8	Да
	Кол-во колосьев	2,6	3	0,6	Нет
	Длина колоса, см	5,41	5,73	0,32	Нет
	Зерен в колосе	31	34,8	3,5	Нет
	Масса зерна с глав. колоса, г	1,53	1,46	0,27	Нет
	Масса 1000 зерен	38,61	50,98	—	—
	Общая масса зерна, г	2,82	2,78	0,51	Да
1	Высота, см	78,2	73,2	5,1	Нет
	Кол-во колосьев	2,8	3,2	0,8	Нет
	Длина колоса, см	5,89	5,92	0,36	Нет
	Зерен в колосе	33,7	35,1	3,8	Нет
	Масса зерна с глав. колоса, г	1,71	1,53	0,32	Нет
	Масса 1000 зерен	42,66	42,09	—	—
	Общая масса зерна, г	3,03	4,48	0,61	Да
2	Высота, см	81,4	74	4,9	Да
	Кол-во колосьев	2,2	3,4	0,7	Да
	Длина колоса, см	6,28	5,61	0,34	Да
	Зерен в колосе	36,9	32,4	3,6	Да
	Масса зерна с глав. колоса, г	1,77	1,33	0,28	Да
	Масса 1000 зерен	46,93	42,31	—	—
	Общая масса зерна, г	3,44	3,52	0,52	Нет
3	Высота, см	79,2	76	5,6	Да
	Кол-во колосьев	2,6	2,8	1	Нет
	Длина колоса, см	6,5	5,8	0,62	Да
	Зерен в колосе	41	32	4,9	Да
	Масса зерна с глав. колоса, г	2,13	1,72	0,6	Да
	Масса 1000 зерен	41,26	42,73	—	—
	Общая масса зерна, г	3,87	4,1	0,78	Нет
4	Высота, см	80,1	74	5,3	Да
	Кол-во колосьев	2,3	2,6	0,8	Нет
	Длина колоса, см	6,17	5,65	0,38	Да
	Зерен в колосе	40,5	31	4,1	Да
	Масса зерна с глав. колоса, г	1,84	1,55	0,3	Да
	Масса 1000 зерен	43,63	46,33	—	—
	Общая масса зерна, г	3,66	4,02	0,58	Нет

У сорта «Триада» наблюдается иная стратегия реализации урожайности по сравнению с «Дарьей». В то время как «Дарья» преимущественно реагировала на обработку биоудобрениями через усиление кущения, «Триада» продемонстрировала более стабильную кустистость (в среднем 2–3 колоса на растение независимо от года и варианта обработки), но при этом — значительно более высокую массу 1000 зёрен (в контроле: 38,61 г в 2024 г. и 50,98 г в 2025 г.), что указывает на генетически обусловленную способность этого сорта формировать крупное зерно.

Несмотря на относительную межгодовую стабильность кустистости, общая масса зерна с растения у «Триады» существенно возросла под действием биоудобрений, особенно в 2025 году. Наибольший эффект дал вариант 1 (на основе лугового сена): продуктивность составила 4,48 г при коэффициенте вариации всего 15,9 %, что свидетельствует о высокой однородности реакции растений и стабильности действия препарата. Это говорит о том, что данный препарат не вызывает чрезмерной физиологической перегрузки, а, напротив, способствует выравниванию продуктивности в популяции. В отличие от «Дарьи», у «Триады» не наблюдалось выраженного компенсационного снижения массы 1000 зёрен при повышении общей продуктивности. Например, в варианте 1 (2025 г.) масса 1000 зёрен составила 42,09 г, что лишь немного ниже контроля (50,98 г), но при этом сопровождалось достоверным увеличением общей массы зерна на +39 %. Это может свидетельствовать о том, что у «Триады» биоудобрения активируют не столько формирование дополнительных побегов, сколько усиление фотосинтетического потенциала и эффективности транслокации ассимилятов в зерно.

В 2024 году максимальная продуктивность у «Триады» была достигнута в варианте 3 (на основе пшеничной соломы): общая масса зерна составила 4,61 г, при этом кустистость оставалась умеренной —

2–3 колоса. Это указывает на оптимизацию внутрикустовой продуктивности, а не на увеличение числа побегов. Вероятно, препарат на основе пшеничной соломы содержит метаболиты, которые особенно эффективны в условиях более стрессового 2024 года, способствуя сохранению налива зерна даже при ограниченных ресурсах.

Снижение коэффициента вариации в опытных вариантах по сравнению с контролем (в контроле CV по общей массе зерна превышал 80 %) также подчёркивает стабилизирующий эффект биоудобрений у «Триады». Например, в варианте 4 CV снизился до 46,7 %, что делает прогноз урожая более надёжным и снижает риск потерь при неблагоприятных микропогодных колебаниях.

В 2024 году у сорта «Дарья» в контроле средняя высота растений составила 75,5 см, кустистость — 1,3 побега, общая масса зерна с одного растения — 1,31 г. Наибольшая продуктивность наблюдалась при обработке по варианту 1: общая масса зерна достигала 3,33–4,17 г, а кустистость увеличивалась до 8 побегов у отдельных растений. Масса 1000 зёрен в этом варианте составила 30,35 г, что на 22 % превышало контрольный показатель (24,87 г).

В 2025 году в варианте 1 высота растений была несколько выше — 81,2 см, кустистость — 2,9, общая масса зерна — 3,02 г. Наиболее выраженный положительный эффект в 2025 г. дал вариант 2: общая масса зерна с растения достигала 3,77 г, а у отдельных особей (№3) — до 4,99 г при кустистости 10. Однако масса 1000 зёрен в варианте 3 снизилась до 31,23 г, что способствует формированию большего числа, но более мелких зёрен.

Сорт «Триада» в обоих годах демонстрировал более высокие показатели массы 1000 зёрен по сравнению с «Дарьей»: в 2024 г. — 38,61–46,93 г, в 2025 г. — аналогичный диапазон. В контроле за 2024 г. общая масса зерна составила в среднем 2,82 г, при этом отмечалась высокая вариабельность — от 0,48 г до 5,97 г. В 2025 г. в контроле средняя продуктивность осталась на сопоставимом уровне — 2,78 г.

Наиболее продуктивным оказался вариант 3. В 2025 г. у растения №10 общая масса зерна достигла 6,21 г, при массе 1000 зёрен 42,5 г и кустистости 2. При этом масса 1000 зёрен в других вариантах была ниже — 40,34 г; такие показатели потенциально свидетельствуют о компенсационном механизме: увеличение числа колосьев и зёрен за счёт снижения их индивидуальной массы.

Межгодовая изменчивость была выражена у обоих сортов. Так, у «Дарьи» в 2025 г. наблюдалось увеличение общей массы зерна по сравнению с 2024 г. в 2,2 раза в контроле, это объясняется более благоприятными погодными условиями. У «Триады» продуктивность оставалась относительно стабильной, но с большей вариабельностью.

Двухфакторный дисперсионный анализ (ANOVA) выявил высокозначимое влияние как сорта ($p < 0,001$), так и варианта обработки ($p < 0,001$) на общую массу зерна с растения, а также достоверное взаимодействие между этими факторами ($p = 0,01$), что указывает на дифференцированную реакцию сортов на применяемые препараты.

По результатам апостериорного теста ($LSD_{0,05}$ = 1,03 г), наибольшая продуктивность наблюдалась у сорта «Триада» при обработке по варианту 3 — 4,37 ± 0,91 г, что достоверно превышало контроль (2,87 г) и все варианты у сорта «Дарья».

Сравнение сортов показало, что «Триада» характеризуется более крупным зерном (масса 1000 зёрен на 35–80 % выше), тогда как «Дарья» склонна к повышенной кустистости и формированию большего числа побегов, особенно при обработке биоудобрениями.

Заключение. Полученные данные согласуются с результатами других исследователей, которые отмечают стимулирующее влияние биоудобрений на кущение и формирование продуктивных побегов. Особенно важно, что снижение массы 1000 зёрен в некоторых вариантах компенсировалось ростом числа колосьев, что в итоге повышало общую продуктивность.

Высокий коэффициент вариации в контроле (до 87%) указывает на нестабильность продуктивности без обработки, что делает культуру уязвимой к стрессам. Биоудобрения, напротив, снижают CV до 15–40%, обеспечивая более предсказуемый урожай.

Сорт «Триада» продемонстрировал большую отзывчивость на обработку по массе 1000 зёрен, в то время как «Дарья» — по кустистости. Это подтверждает необходимость сортоспецифического подбора препаратов. У сорта «Дарья» наиболее эффективной оказалась обработка по варианту 1 (3,16 г), что на 1,85 г выше контроля (1,31 г) и также является статистически значимым различием.

Применение биоудобрений достоверно повышает структурные элементы урожайности яровой пшеницы. Биоудобрения снижают коэффициент вариации продуктивных признаков, повышая стабильность урожая, увеличение общей массы зерна с растения обусловлено, в первую очередь, ростом кустистости и числа продуктивных колосьев. Результаты подтверждают целесообразность внедрения биоудобрений в технологию возделывания яровой пшеницы как элемента устойчивого и экологически безопасного земледелия.

Литература

1. ***Гончаров Н.П., Сидоренко О.В.*** Биопрепараты на основе азотфиксирующих микроорганизмов в технологии возделывания яровой пшеницы // Аграрная наука. 2021. № 5. С. 22–28.
2. ***Иванов А.С., Петрова Е.Н.*** Эффективность применения микробных инокулянтов при выращивании зерновых культур в условиях Центрального Черноземья // Вестник Орловского ГАУ. 2022. № 3 (87). С. 45–52.
3. ***Козлов А.В., Морозова Л.И.*** Влияние биостимуляторов на формирование урожайности яровой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения // Земледелие. 2023. № 2. С. 33–37.
4. ***Лукьянов А.А., Горбачёва И.В.*** Сортоспецифическая реакция яровой пшеницы на обработку

комплексными биопрепаратами // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59, № 1. С. 112–120.
5. ***Vessey J.K.*** Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers // Plant and Soil. 2003. Vol. 255, № 2. P. 571–586.
6. ***Павловская Н.Е.*** Физиолого-биохимические основы действия биостимуляторов на зерновые культуры. — Орёл: Орловский ГАУ, 2020. — 176 с.
7. ***Федоров А.И., Лебедева Т.Н.*** Влияние препаратов на основе Bacillus subtilis на продуктивность и устойчивость пшеницы к стрессам // Биотехнология. 2023. № 4. С. 56–64.
8. ***Иванов А. С.*** Биопрепараты в растениеводстве: теория и практика. — М.: Россельхозакадемия, 2022. — 214 с.
9. ***Петров В. И., Сидорова Е. Н.*** Влияние микробных препаратов на продуктивность злаков // Аграрная наука. — 2023. — №4. — С. 45–52.
10. ***Доспехов Б. А.*** Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
11. ***Смирнов В.Ф., Кузнецов Д.Ю.*** Статистическая оценка эффективности агроприёмов в полевом опыте // Аграрный вестник Урала. 2021. № 7 (209). С. 18–23.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Горькова[1] **И.В., д.б.н**., профессор, профессор кафедры биотехнологии и химии имени профессора Н.Е. Павловской**, Шатохин**[1] **К.А.,** аспирант**, Горьков**[1,2] **А.А.,** кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, **Яковлева**[1] **И.В.**, старший преподаватель, [1]**ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, [2]ФГБНУ «ФНЦ ЗБК», г. Орёл, Россия,** [1]FSBEE HE Orel SAU, [2]Federal State Budgetary Scientific Institution Orel, Russia, e-mail: irigorkova-orel@yandex.ru

УДК 633.15:631.559.2:631.524.6

Евдакова М.В., кандидат сельскохозяйственных наук, https://orcid.org/0009-0002-5892-1315
Резвякова С.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, https://orcid.org/0000-0002-7681-4516
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина»,
Орел, Россия
Evdakova M. V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer
Rezvyakova S. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor
FSBEI of HE «N.V. Parakhin Orel State Agrarian University», Orel, Russia.

КОРМОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА СРЕДНЕРАННИХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ

(Feeding indicators and grain yield of mid-early corn hybrids)

Кукуруза - однолетнее растение, занимает важное место в сельском хозяйстве как в России, так и на международном уровне. Её ценность определяется, прежде всего, высокой питательностью для нужд животноводства, а также широким спектром применения в пищевой индустрии. В связи с этим, наблюдается тенденция к увеличению площадей, отводимых под посевы кукурузы. Активно ведется работа по созданию высокоэффективных гибридов, которые обладают повышенной устойчивостью к различным заболеваниям и вредителям, способны давать высокие урожаи и характеризуются отличными посевными свойствами семян. На питательную ценность кормов влияет их химический состав, который, в свою очередь, формируется под воздействием генетики гибридов, погодных условий и агротехники. Кукурузное зерно выделяется высокой энергетической ценностью, опережая по этому показателю большинство других культур. Однако его пищевая ценность имеет свои особенности: оно содержит меньше сырого протеина, но при этом больше жира, чем другие зерновые корма. Объектами исследований были выбраны среднеранние гибриды кукурузы, такие как П8521, Ротанго, Евростар, Эпилог, Хаббл с разным индексом скороспелости. В ходе изучения кормовых характеристик среднеранних гибридов кукурузы было установлено, что уровень сырого протеина варьировался в пределах от 9,20 до 9,43%. Содержание сырой клетчатки составило 2,55-2,66%, сырого жира – 4,22-4,26%, сырой золы – 1,43-1,45%. Урожайность является одним из основных показателей, так как она зависит от применяемых агроприемов в период возделывания культуры и почвенно-климатических условий. В нашем опыте урожайность среднеранних гибридов составила 6,67-7,91 т/га.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, среднеранние, кормовые показатели, урожайность, зерно кукурузы, индекс скороспелости

Corn is an annual plant that occupies an important place in agriculture both in Russia and internationally. Its value is determined, first of all, by high nutrition for the needs of animal husbandry, as well as a wide range of applications in the food industry. In this regard, there is a tendency towards an increase in the area allocated for corn crops. Work is actively underway to create highly efficient hybrids that have increased resistance to various diseases and pests, are capable of producing high yields and are characterized by excellent seed sowing properties. The nutritional value of feed is influenced by its chemical composition, which in turn is influenced by the genetics of the hybrids, weather conditions, and agricultural practices. Corn grain stands out for its high energy value, ahead of most other crops in this indicator. However, its nutritional value has its own characteristics: it contains less raw protein, but more fat than other grain feeds. The objects of research were selected medium-early corn hybrids, such as P8521, Rotango, Eurostar, Epilogue, Hubble with different precocity indices. In the course of studying the fodder characteristics of mid-early corn hybrids, it was found that the level of crude protein varied between 9.20 and 9.43%. The content of crude fiber was 2.55-2.66%, crude fat – 4.22-4.26%, crude ash – 1.43-1.45%. Productivity is one of the main indicators, since it depends on the agricultural practices used during the cultivation period and soil and climatic conditions. In our experience, the yield of mid-early hybrids was 6.67-7.91 t/ha.`

Keywords: corn hybrids, mid-early, forage, yield, corn grain, precocity index

Введение. Кукуруза является одной из ведущих культур в мировом сельском хозяйстве и грает важную роль в создании кормовой базы благодаря своей высокой продуктивности.

Согласно мнению академика В.С. Сотченко (2009), кукуруза вносит существенный вклад в экономику государства и укрепление его продовольственной безопасности. Адаптивность культуры к различным агроклиматическим условиям, наличие широкого сортового разнообразия и внедрение новых гибридов с улучшенными морфологическими и биологическими характеристиками позволяют достигать высоких показателей урожайности (до 80 т/га и выше) в условиях Центрально-Черноземной зоны [1, 2].

Сельскохозяйственные предприятия, специализирующиеся на производстве силоса и зерна кукурузы, нуждаются в гибридах, способных обеспечить высокие показатели по заданным параметрам. Эти гибриды должны обладать высоким потенциалом урожайности зерна, соответствовать современным

агротехническим требованиям и позволять сократить затраты на обработку почвы. В связи с этим, товаропроизводители выдвигают обоснованные запросы к отечественным и зарубежным селекционным центрам [3, 5, 8].

Кукуруза требует значительного внимания к минеральному питанию, поэтому необходимо обеспечивать поступление питательных веществ на протяжении всего вегетационного периода. Потребление азота и калия завершается раньше, чем наступает момент созревания, в то время как фосфор нужен до самого конца. Удобрения для кукурузы вносят осенью или весной, во время вспашки или культивации, и это служит основным питанием [4, 6, 7].

Урожайность кукурузы, наряду с другими сельскохозяйственными культурами, во многом определяется интенсивностью фотосинтеза. Площадь листовой поверхности это один из ключевых показателей, характеризующих фотосинтетическую активность растений. Выявлено два периода максимальной фотосинтетической активности листьев кукурузы: в фазу выметывания соцветий и в фазу налива зерна. Первый максимум связан с активным усилением ростовых процессов, что приводит к повышенному потреблению ассимилятов и, как следствие, к увеличению фотосинтетической продуктивности листьев. Второй максимум обусловлен повышенным потреблением ассимилянтов в процессе налива зерна [9, 10].

Целью исследования является сравнительная оценка новых гибридов кукурузы различных по скороспелости по урожайности и кормовым показателям зерна.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на темно-серых лесных среднесуглинистых почвах в 2018-2020 гг. в условиях Орловской области. Объектами исследований были выбраны среднеранние гибриды кукурузы, такие как П8521 (оригинатор Pioneer overseas corporation, США), Ротанго (оригинатор Syngenta, Швейцария), Евростар, Эпилог, Хаббл (оригинатор Euralis Semence, Франция). Все гибриды рекомендованы к возделыванию в Центрально-Черноземном регионе, кроме гибрида Эпилог (Дальневосточный регион). При возделывании кукурузы использовались общепринятые в регионе агротехнические приемы, применяемые для кормовых и силосных культур. Предшественником служили однолетние травы. Посев кукурузы был осуществлен в мае с использованием ручных агрегатов с ограничителем на глубину 6-7 см. Норма высева составила 60 тыс. всхожих зерен на гектар, а схема посева - 70 х 25 см.

Основную часть удобрений вносили под основную обработку пахотного слоя в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ в виде нитрофоски, а оставшуюся часть азотных удобрений N_{30} - под припосевную обработку почвы.

Во время вегетации гибридов кукурузы в фазу 3-5 листьев была проведена химическая обработка против однолетних и многолетних сорняков гербицидами Каратэ Зеон, МКС (0,2 л/га), Амистар Экстра, СК (0,5-1,0 л/га) и Диален Супер, ВР (1,0-1,5 л/га). В фазу 6-7 листьев была проведена механическая междурядная обработка. Уборка производилась в фазу полной спелости кукурузы поделяночно.

Расположение делянок систематическое. Повторность опыта трехкратная. Площадь посева делянок – 53,2 м^2. Площадь учета – 50,4 м^2. Фенологические наблюдения проводились согласно методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур (1971). Урожайность определяли путем сплошной уборки учетной делянки, а также рассчитывали выход зерна с початков с приведением результатов к стандартной влажности 14%. Статистическая обработка проводилась дисперсионным методом по Б.А. Доспехову (2014).

Результаты исследований и их обсуждение. Фотосинтезу принадлежит ключевая роль в формировании сырой биомассы и сухого вещества растений. Листовая поверхность является основной частью растения, поглощающей солнечную энергию. Формирование листовой поверхности в значительной степени определяется биологическими особенностями растений. В нашем эксперименте в среднем за три года исследований, максимальный показатель площади листовой поверхности в фазу 5-7-го листа развития растений кукурузы был отмечен у гибридов Ротанго – 18,7 тыс. м^2/га и Хаббл – 18,8 тыс. м^2/га.

В фазу выметывания метелок - у гибридов Хаббл – 50,1 тыс. м^2/га и Эпилог – 50,0 тыс. м^2/га.

В фазу выхода нитей початка кукурузы - у гибридов Хаббл и Евростар – 46,8 тыс. м^2/га и Эпилог – 46,7 тыс. м^2/га.

В фазу молочно-восковой спелости - у гибридов Хаббл – 46,4 тыс. м^2/га, Евростар и Эпилог – 46,2 тыс. м^2/га.

Формирование листовой поверхности существенно зависит от биологических особенностей растений. Гибриды Хаббл, Эпилог и Евростар формировали наибольшую листовую поверхность по сравнению с другими (см. рис. 1).

Фотосинтетический потенциал посева – это величина, характеризующая способность посевов сельскохозяйственных культур использовать солнечную радиацию для фотосинтеза в течение периода вегетации. Этот интегральный показатель рассчитывается путем суммирования площади листьев за каждый день вегетации или умножением средней площади листьев на продолжительность периода вегетации. Наибольшее значение показателя фотосинтетического потенциала посевов кукурузы было зафиксировано у гибридов Евростар – 1,885 млн. м^2/га и ЕС Хаббл – 2,055 млн. м^2/га.

Питательная ценность кормов определяется их химическим составом, который находится под воздействием комплекса факторов, включая генетические характеристики используемых гибридов, погодные условия и агротехнические методы ухода за посевами. Зерно кукурузы представляет собой высокоэнергетический корм, превосходящий по этому показателю многие другие культуры. Однако его пищевая ценность характеризуется относительно низким уровнем сырого протеина при одновременном более высоком содержании жира по сравнению с другими кормовыми зерновыми.

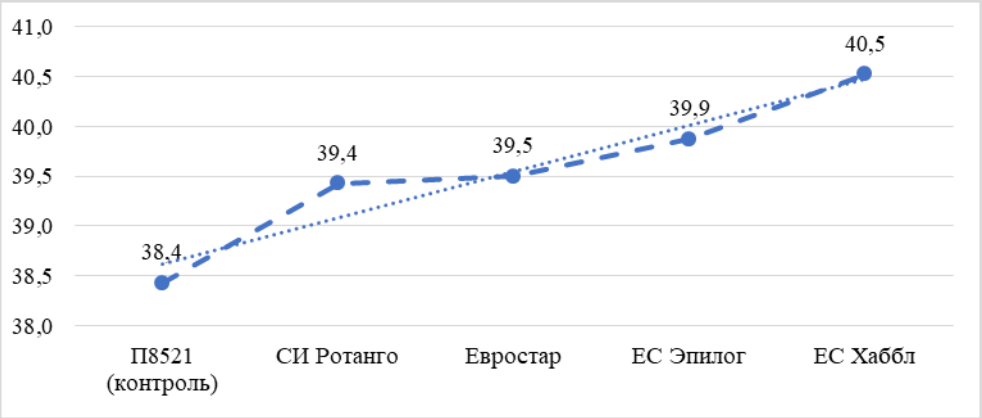


Рис. 1 – Площадь листовой поверхности среднеранних гибридов кукурузы в среднем по фазам вегетации, тыс. м²/га

Таблица – Кормовая продуктивность зерна гибридов кукурузы, %

Варианты	ФАО	Сырой протеин	Сырая клетчатка	Сырой жир	Сырая зола
П8521 (контроль)	200	9,20	2,59	4,25	1,43
Ротанго	200	9,33	2,62	4,24	1,44
Евростар	210	9,39	2,66	4,25	1,44
Эпилог	230	9,36	2,55	4,22	1,43
Хаббл	240	9,43	2,57	4,23	1,45
$НСР_{05}$		0,12	$F_ф<F_т$	$F_ф<F_т$	$F_ф<F_т$

В таблице приведены результаты по определению значений кормовых показателей среднеранних гибридов кукурузы. Сырой протеин находился в пределах от 9,20 до 9,43%, сырая клетчатка – от 2,55 до 2,66%, сырой жир – от 4,22 до 4,26%, сырая зола – от 1,43 до 1,45%.

Отмечено наибольшее значение по содержанию сырого протеина у гибрида Хаббл – 9,43%, где прибавка к контролю составила 2,5%; сырой клетчатки - у гибрида Евростар – 2,66%, где показатель в сравнении с контролем увеличился на 2,7%.

Исследуемые показатели - сырой жир и сырая зола - находились в пределах значений контрольного варианта, существенных различий по вариантам не было выявлено.

Существует взаимосвязь между сроком вегетации и количеством сырого протеина: с увеличением периода вегетации гибридов кукурузы повышается содержание сырого протеина в белке. Минимальное значение отмечено на контрольном варианте с гибридом П8521, где содержание сырого протеина составило 9,20%.

Объем урожая зерна служит одним из показателей эффективности всех агротехнических приемов. В годы проведения исследований агроклиматические условия значительно различались, что привело к колебаниям урожайности зерна гибридов кукурузы. В ходе исследований было установлено, что средняя урожайность зерна среднеранних гибридов кукурузы составила 6,67-7,91 т/га. Максимальный показатель отмечен на варианте с гибридом Хаббл – 7,91 т/га, в сравнении с контролем исследуемый показатель увеличился на 16,8% (см. рис. 2).

Среди среднеранних вариантов следует отметить гибрид Ротанго (7,29 т/га), где прибавка к контролю составила 7,68%, а также гибрид Евростар (7,51 т/га) – 10,9%. На варианте с гибридом Эпилог урожайность составила 6,67 т/га, что находится на уровне контрольного варианта ($НСР_{05}$=0,24 т/га).

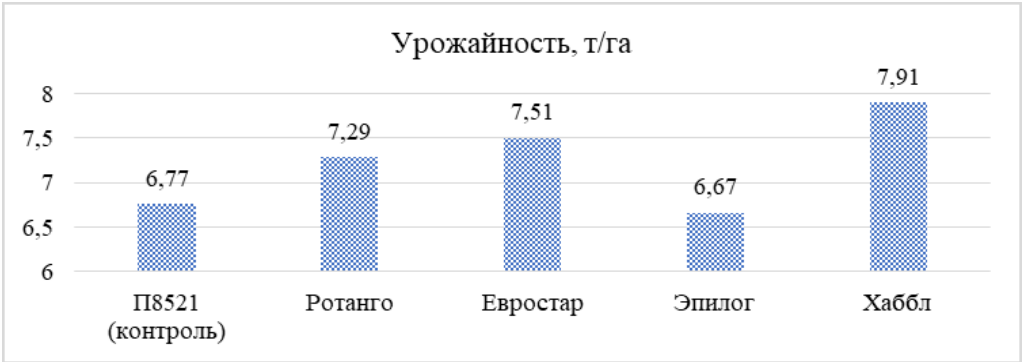


Рис. 2 - Урожайность зерна гибридов кукурузы (в среднем за три года)

Выводы. Сравнительная оценка среднеранних гибридов кукурузы позволила выделить гибрид Хаббл, который в среднем по фазам вегетации формировал наибольшую листовую поверхность – 40,5 тыс. м^2/га, отличался повышенным содержанием сырого протеина (9,43%) и урожайностью до 7,91 т/га. Листовая поверхность превышала аналогичный показатель контрольного гибрида П8521 на 5,5%, урожайность - на 16,8%.

Литература

1. ***Евдакова, М.В.*** Анализ фотосинтетических показателей раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы в условиях Орловской области / М.В. Евдакова, С.В. Резвякова, Н.И. Ботуз // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 1(37). – С. 46-50. – EDN WMCUDC.
2. ***Евдакова, М.В.*** Фотосинтетический потенциал гибридов кукурузы на зерно раннеспелой группы в условиях ЦЧР / М.В. Евдакова, С.В. Резвякова // Биология в сельском хозяйстве. – 2024. – № 4(45). – С. 40-43. – EDN IXGDPL.
3. ***Задорожная, В.А.*** Сортоиспытание гибридов кукурузы, выращиваемых на силос в условиях ЦЧР / В.А. Задорожная, Е.С. Куделин, А.Ж. Тунубеков // Агроген Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(6). – С. 9-15. – EDN NUTZUT.
4. ***Изменение биохимических и физических свойств посевных качеств зерна кукурузы при хранении в микрозонах Курской области*** / Е. В. Малышева, М. Ж. Аширбеков, Н. В. Долгополова, В. И. Худобин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3. – С. 14-22. – EDN NWBWBE.
5. ***Малышева, Е.В.*** Влияние минеральных удобрений на урожайность и вынос элементов питания кукурузой, возделываемой в условиях ЦЧЗ / Е.В. Малышева, Н.В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 3. - С. 45-49. EDN: WMPRQD
6. ***Мосур, С.С.*** Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на урожайность, содержание и сбор сырого и переваримого протеина и энергетическую ценность кукурузы при возделывании на зелёную массу / С. С. Мосур // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 1. – С. 89-93. – EDN GNBXGK.
7. ***Ториков В.Е.*** Оценка уровня влияния микроудобрений на урожайность кукурузы, качество и кормовую ценность зерна / В. Е. Ториков, К. И. Привало, Е. В. Малышева, М. И. Пашкова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 3. – С. 41-48. – EDN LNOBEF.
8. ***Семина, С.А.*** Микроудобрения и кормовая ценность зерна кукурузы / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина, А. С. Палийчук // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: Сборник статей XIX Международной научно-практической конференции, Пенза, 08–09 ноября 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. - 2024. – С. 248-251. – EDN PZKTQT.
9. ***Семина, С.А.*** Приемы агротехники и биохимический состав кукурузы / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина, Ю. А. Семина // Нива Поволжья. – 2020. – № 4(57). – С. 58-64. – DOI 10.36461/NP.2020.57.4.018. – EDN WXMENW.
10. ***Ториков, В.Е***. Урожайность зеленой массы и зерна раннеспелых гибридов кукурузы отечественной селекции в условиях юго-запада Центральной России / В. Е. Ториков, О. В. Мельникова, Т. А. Наливайко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2025. – Т. 55, № 1(314). – С. 24-31. – DOI 10.26898/0370-8799-2025-1-3. – EDN MSMBVC.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Евдакова Мария Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры агроэкологии и защиты растений, https://orcid.org/0009-0002-5892-1315, E-mail: maria.evdakova@yandex.ru, **Резвякова Светлана Викторовна,** доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агроэкологии и защиты растений https://orcid.org/0000-0002-7681-4516 E-mail: lana8545@yandex.ru

УДК 637.5.04:664.951.5

Лазарева Т.Н., кандидат технических наук
Мурленков Н.В., кандидат сельскохозяйственных наук
Киреева О.С., кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», Орел, Россия
Lazareva T.N., Candidate of Technical Sciences
Murlenkov N.V., Candidate of Agricultural Sciences
Kireeva O.S., Candidate of Technical Sciences
Federal State Budgetary Educational Establishment of Higher Education
"Orel State Agrarian University named after N.V. Parakhin", Orel, Russia, e-mail: iniic@orelsau.ru

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ПЕЛЬМЕНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСТИТЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ*

(Optimization of Dumpling Formulation Using a Plant-Based Biologically Active Additive)

Аннотация. В работе рассмотрено влияние биологически активной добавки растительного происхождения на формирование физико-химических и органолептических характеристик пельменей. Добавка вносилась в мясной фарш в дозировках 1, 3 и 5 % при фиксированном содержании добавки в тесте (5,24 %). Оценка образцов включала измерение массы единичного изделия, толщины тестовой оболочки и ее шва, соотношения «тесто:фарш», массовой доли белка и жира, а также органолептических параметров вкуса, аромата и сочности. Установлено, что внесение добавки приводит к значимому увеличению толщины тестовой оболочки (на 83-108 %, $p<0,001$) и толщины мест заделки (на 83-97 %, $p<0,001$), что связано с перераспределением влаги между тестом и фаршевой системой и формированием более плотной структуры. Массовая доля белка увеличивалась на 4,0-4,2 % ($p<0,001$), а жира – на 5,1-5,3 % ($p<0,001$) относительно контроля, что свидетельствует о концентрировании нутриентной фазы при снижении свободной влаги. Результаты органолептической оценки показывают, что внесение добавки не нарушает характерного мясного вкуса и аромата продукта. Однако при дозировке 5 % отмечено снижение сочности начинки, обусловленное повышенной влагоудерживающей способностью тестовой оболочки. Оптимальной дозировкой установлено значение 3 %, при котором достигается технологическое равновесие системы: изделие сохраняет естественные потребительские свойства и демонстрирует улучшенные показатели пищевой ценности. Полученные данные подтверждают целесообразность применения растительных функциональных ингредиентов в рецептурах мясных полуфабрикатов с целью повышения структурной стабильности и разработки продуктов функциональной направленности с расширенным нутриентным профилем без потери органолептических качеств.

Ключевые слова: пельмени, функциональные ингредиенты, биологически активная добавка, физико-химические свойства, органолептические показатели.

Abstract. The study examines the effect of a plant-based biologically active additive on the formation of physicochemical and organoleptic characteristics of dumplings. The additive was incorporated into the meat filling at levels of 1, 3, and 5 %, while its content in the dough remained fixed at 5.24 %. The evaluation included measurements of individual product mass, dough shell thickness and seam thickness, dough-to-filling ratio, protein and fat content, as well as sensory attributes such as taste, aroma, and juiciness. It was established that the addition of the ingredient led to a significant increase in dough shell thickness (by 83–108 %, $p<0.001$) and seam thickness (by 83–97 %, $p<0.001$), which is associated with moisture redistribution between the dough and the filling system and the formation of a denser structural matrix. The protein content increased by 4.0–4.2 % ($p<0.001$), and the fat content by 5.1–5.3 % ($p<0.001$) relative to the control, indicating nutrient phase concentration due to a reduction in free moisture. Sensory evaluation showed that the addition of the ingredient did not impair the characteristic meat flavor and aroma of the product. However, at a dosage of 5 %, a decrease in filling juiciness was observed, associated with increased water-binding capacity of the dough shell. The dosage of 3 % was identified as optimal, ensuring technological balance: the product retains its natural consumer properties while demonstrating improved nutritional value. The findings confirm the feasibility of using plant-based functional ingredients in the formulation of meat semi-finished products to enhance structural stability and to develop health-oriented functional foods without compromising sensory quality.

Keywords: dumplings, functional ingredients, biologically active additive, physicochemical properties, sensory analysis.

Введение. Формирование ассортимента пищевой продукции в настоящее время ориентировано на сочетание высокой питательной ценности, стабильных технологических свойств и а также органолептических показателей продукта. Одним из направлений развития отрасли является создание функциональных продуктов, включающих ингредиенты, способные улучшать пищевую и биологическую ценность изделий без ухудшения их потребительских характеристик [1, 2, 9]. При этом ключевое значение имеет со-

хранение баланса между составом, структурой и вкусовым восприятием продукта [4], что требует экспериментальной оценки влияния новых компонентов на технологические параметры и органолептический профиль.

Для мучных полуфабрикатов, в том числе пельменей, важными физико-химическими показателями являются масса единичного изделия, толщина тестовой оболочки и мест заделки, а также соотношение «тесто:фарш» [3]. Эти параметры определяют структурную прочность изделия, характер тепловой обработки, сочность начинки и конечную текстуру готового продукта. Дополнительно оцениваются массовые доли белка и жира, отражающие питательную полноценность продукта и влияющие на его калорийность и вкусовые качества.

Введение биологически активных добавок растительного происхождения в рецептуру пельменей способно изменять реологические свойства теста и структуру фарша, тем самым воздействуя как на физико-химические показатели, так и на органолептические характеристики [7]. Однако эффект такого изменения не является однозначным: положительное влияние на питательную ценность может сопровождаться изменением толщины оболочки, плотности швов и сочности начинки [5]. В связи с этим возникает необходимость комплексной оценки влияния различных дозировок добавки на показатели качества.

Актуальность исследования обусловлена потребностью в научно обоснованном подборе дозировки растительной добавки, обеспечивающей повышение пищевой ценности при сохранении потребительских свойств пельменей [8]. Оптимизация уровня введения добавки позволяет получить продукт стабильного качества, отвечающий технологическим требованиям и запросам потребителей.

Цель исследования – оценить влияние различных дозировок биологически активной добавки растительного происхождения на физико-химические и органолептические показатели пельменей и определить оптимальный уровень ее внесения

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлись пельмени, изготовленные по модельным рецептурам с применением растительной биологически активной добавки. Добавка представляла собой композицию порошков айвы японской, шиповника крова-красного, соевой окары и семян тыквы обыкновенной.

В ходе предварительных исследований, направленных на оценку технологических свойств пшеничной муки и поведения тестовой системы при внесении растительных компонентов, была установлена оптимальная доля добавки для теста, составляющая 5,24 % к массе муки. Значение определялось на основании показателей технологических свойств муки с применением регрессионного анализа для идентификации оптимальной точки технологического равновесия.

В настоящем исследовании акцент был смещен на влияние добавки, вносимой в мясной фарш, на физико-химические и органолептические характеристики пельменей. Фарш готовили из свинины тазобедренной части. Биологически активную добавку вносили в фарш в количествах 1%, 3% и 5% к массе мясного сырья. Контрольный образец готовили без внесения добавки. Для обеспечения равномерности распределения компонента фарш перемешивали до получения однородной консистенции. Тесто готовили на основе пшеничной муки высшего сорта, выдерживая ранее установленную долю добавки 5,24 %. Формование пельменей осуществляли вручную, соблюдая постоянство массы и геометрии изделий. Термическую обработку проводили варкой в воде при температуре 100 °С в течение 7 минут до кулинарной готовности.

Физико-химические показатели определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 33394–2015, включая массу единичного изделия, толщину оболочки и места заделки, а также соотношение «тесто:фарш» путем раздельного взвешивания компонентов. Массовую долю белка в образцах оценивали по методу Кьельдаля, массовую долю жира – методом Сокслета. Органолептическую оценку проводили дегустационной комиссией (n=5) по пятибалльной шкале при температуре подачи 60-65 °С, с рандомизированной порядковой подачей образцов и ополаскиванием неба теплой водой между пробами. Оценивали внешний вид, целостность, вкус/аромат и сочность.

Статистическую обработку выполняли в IBM SPSS Statistics. Проверку нормальности распределения проводили по критерию Шапиро-Уилка. При соблюдении допущений различия оценивали по t-критерию Стьюдента для независимых выборок; при нарушении допущений – непараметрическим критерием Краскела–Уоллиса с парными сравнениями по Манну–Уитни с поправкой Бонферрони. Уровни статистической значимости интерпретировали как: $p<0,05$; $p<0,01$; $p<0,001$.

Результаты исследований. Анализ физико-химических характеристик показал, что внесение растительной биологически активной добавки в фарш оказывает достоверное влияние на структурно-массовые параметры пельменей (табл. 1).

Масса одного пельменя варьировала в пределах технологически допустимых значений (13,43-15,27 г), и статистически значимых отличий по данному показателю не установлено. Это свидетельствует о сохранении формоустойчивости изделия и корректности выбранного режима формования при всех уровнях внесения добавки.

Более выраженные изменения зафиксированы для толщины тестовой оболочки. При внесении 1% БАД толщина увеличивалась с 0,92 до 1,91 мм, что соответствует росту на 107,6% ($p=0,001$). При дозировке 3 % значение составило 1,74 мм (+89,1 %, $p=0,001$), при 5 % – 1,73 мм (+88,0 %, $p=0,01$). Аналогичная закономерность выявлена и для толщины оболочки в местах заделки, увеличивающейся с 1,53 до 3,01 мм при 1% (+96,7 %, $p=0,001$), до 2,87 мм при 3 % (+87,6%, $p=0,001$) и до 2,80 мм при 5 % (+83,0%, $p=0,001$). Эти данные подтверждают, что растительная добавка, вводимая в фарш, влияет на перераспределение влаги, формируя более плотную и равномерную структуру оболочки. Полученные значения толщины оболочки и мест заделки, несмотря на статистически значимый рост относительно контроля, находились в технологически приемлемом диапазоне и не сопровождались признаками разваривания или

избыточной жесткости, что подтверждается органолептической оценкой внешнего вида и текстуры.

Соотношение «тесто:фарш» изменялось незначительно (50,75–51,11%), различия статистически недостоверны. Введение БАД не нарушает баланс между ингредиентами и не приводит к перераспределению массы в процессе формования и варки.

Значимые изменения установлены для массовой доли белка. При внесении 3 % БАД показатель увеличивался с 13,72 до 14,27% (+4,0 %, p=0,001), при 5% – до 14,29% (+4,2 %, p=0,001). Рост связан с вкладом белковой фракции растительных компонентов и снижением доли свободной влаги за счет формирования белково-углеводных комплексов в фаршевой системе [6].

По массовой доле жира также наблюдались достоверные отличия при 3 и 5 %. Значение увеличивалось с 12,64 до 13,29 % (+5,1%, p=0,001) при 3 % и до 13,31% (+5,3 %, p=0,001) при 5%. Это обусловлено более плотной структурой фарша и уменьшением относительного содержания влаги, что приводит к концентрированию жировой фазы в расчете на единицу массы продукта.

Таким образом, внесение биологически активной добавки в количестве 3-5% приводит к формированию более структурно устойчивой фаршевой системы, увеличению массовой доли белка и жира, а также к уплотнению оболочки, при этом масса изделия и доля начинки остаются в пределах технологической стабильности.

Таблица 1 – Сравнительная оценка физико-химических характеристик пельменей

Наименование показателя	Образцы			
	Контроль	1%	3%	5%
Масса одного пельменя, г	13,43±1,058	15,27±1,001	14,10±0,869	15,25±0,655
p (value)	-	н/з	н/з	н/з
Толщина тестовой оболочки пельменя, мм	0,92±0,018	1,91±0,219	1,74±0,053	1,73±0,109
p (value)	-	0,001	0,001	0,01
Толщина тестовой оболочки в местах заделки, мм	1,53±0,055	3,01±0,106	2,87±0,095	2,80±0,091
p (value)	-	0,001	0,001	0,001
Массовая доля мясного фарша к массе пельменя, %	50,75±0,219	50,85±0,161	51,11±0,279	50,53±0,248
p (value)	-	н/з	н/з	н/з
Массовая доля белка в продукте, %	13,72±0,026	13,87±0,064	14,27±0,034	14,29±0,024
p (value)	-	н/з	0,001	0,001
Массовая доля жира в продукте, %	12,64±0,047	12,76±0,035	13,29±0,014	13,31±0,026
p (value)	-	н/з	0,001	0,001

Примечание: *p (value)* указано для сравнений с контролем; «н/з» – различия статистически незначимы (p>0,05); уровни значимости: p<0,01; p<0,001.

Таблица 2 – Органолептические показатели пельменей

Наименование показателя	Пельмени без добавки (контроль)	Пельмени с добавкой
Внешний вид	Пельмени не слипшиеся, недеформированные, имеют форму круга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с кремовым оттенком.	Пельмени не слипшиеся, недеформированные, имеют форму круга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с желтоватым оттенком.
Вид на разрезе	Начинка в тестовой оболочке, имеет вид однородной, равномерно-перемешанной массы мясного сырья с включениями измельченного лука и чеснока. Цвет начинки – светло-серый.	
Запах и вкус	Пельмени имеют приятный вкус и аромат, свойственные данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленый, с ароматом лука и чеснока без постороннего привкуса и запаха.	Пельмени имеют приятный аромат и слегка пряный вкус, в меру соленый, с ароматом лука и чеснока. По мере увеличения добавки сочность фарша снижалась.

Органолептическая оценка показала, что внесение биологически активной добавки растительного происхождения не приводит к нарушению основных потребительских свойств пельменей (табл. 2). Во всех образцах пельмени сохраняли форму, не слипались, имели хорошо сформированные края и равномерную поверхность. Отличия касались преимущественно оттенка тестовой оболочки и восприятия сочности начинки.

У образцов с добавкой цвет теста приобретал более выраженный желтоватый оттенок, что связано с присутствием растительных компонентов, обладающих естественной пигментацией. При этом поверхность оставалась без признаков разваривания, что соответствует требованиям ГОСТ 33394-2015.

Вид на разрезе оставался однородным во всех вариантах: начинка равномерно распределялась в оболочке, структура фарша сохранялась, включения лука и чеснока хорошо различимы. Это подтверждает, что внесение добавки в пределах 1-5% не нарушает структурную целостность фарша.

Более заметные различия проявились в характеристиках вкуса и сочности. Контрольные образцы имели мягкий, выраженный мясной вкус при достаточной сочности начинки. В пельменях с биологически активной добавкой сохранялся естественный аромат мясного сырья, однако вкус приобретал слабую

пряную ноту, обусловленную растительными компонентами. Такая вкусовая модификация может рассматриваться как сенсорное обогащение, расширяющее вкусовой профиль продукта.

При увеличении дозировки добавки наблюдалось снижение сочности фарша, что связано с перераспределением влаги в белково-углеводной системе и усилением удержания влаги тестовой оболочкой. Наиболее выраженным этот эффект был при 5 % внесения. При дозировке 3 % сочность сохранялась на уровне контрольного образца, что свидетельствует о сбалансированности гидратационных процессов и лучшем распределении влаги между оболочкой и начинкой.

По суммарной органолептической оценке (5-балльная шкала) образцы с 1–3% не отличались от контроля, тогда как при 5% фиксировалось снижение показателя «сочность» относительно контроля.

Таким образом, органолептические характеристики подтверждают, что 3% является оптимальной дозировкой биологически активной добавки: при этом варианте продукт сохраняет естественный вкус, аромат и сочность, при одновременном улучшении пищевой ценности.

Заключение. Проведенные исследования показали, что внесение биологически активной добавки растительного происхождения в мясную часть пельменей оказывает достоверное влияние на физико-химические и органолептические показатели готового изделия. Увеличение дозировки добавки до 3-5% приводит к формированию более плотной и устойчивой структуры начинки, что выражается в повышении толщины оболочки и массовой доли белка (на 4,0-4,2 %, $p<0,001$) при одновременном сохранении геометрической стабильности изделия.

Вместе с тем повышение дозировки до 5 % сопровождается снижением сочности начинки вследствие перераспределения влаги внутри белково-углеводной системы, что отражается в органолептической оценке. При дозировке 3 % сохраняется баланс между структурными характеристиками, сочностью и вкусом продукта, что подтверждает оптимальность данного уровня внесения с технологической и потребительской точки зрения.

Таким образом, оптимальной дозировкой биологически активной добавки следует считать 3 % к массе мясного сырья, при которой обеспечивается повышение пищевой ценности продукта без ухудшения его органолептических свойств. Результаты исследования могут быть использованы при разработке функциональных рецептур пельменей и других мясных полуфабрикатов для обеспечения стабильного качества и расширения ассортимента продукции.

Литература

1. ***Горшков В.В.*** Оценка качества полуфабрикатов в тесте (пельменей), произведённых с использованием биодобавки «Витацель» // Grand Altai Research & Education. 2025. № 1 (24). – URL: https://ojs.altstu.ru/index.php/GAltai/article/view/1165
2. ***Карапетян А.М., Величко Н.А.*** Перспективы применения растительных компонентов в различных рецептурах мясных рубленых полуфабрикатов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2023. № 4. С. 23-28.
3. ***Рязанова К.С., Елисеева М.В.*** Сравнительная оценка качественных показателей пельменей // Молодой учёный. 2015. № 3 (83). С. 224-227.
4. ***Чугунова О.В.*** Влияние порошков из растительного сырья на качество мясных рубленых полуфабрикатов // Известия Уральского государственного экономического университета. 2011. № 2 (34). С. 140-145.
5. ***Ciobanu M.-M., el al.*** Dietary fibres in processed meat: a review on nutritional enhancement, technological effects, sensory implications and consumer perception // Foods. 2025;14(9):1459. DOI: 10.3390/foods14091459.
6. ***Han M., Bertram H.C.*** Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system // Meat Science. 2017;129:86-94. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.02.024.
7. ***Olvera-Aguirre G., et al.*** Using plant-based compounds as preservatives for meat products: a review // Heliyon. 2023;9(8):e240. DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e17071
8. ***Park S., An J., Lee J.*** Consumer acceptability and texture analysis of frozen dumplings using different cooking methods // Food Science and Biotechnology. 2023;33(4):877-887. DOI: 10.1007/s10068-023-01389-9.
9. ***Zhou T., Wu J., Zhang M., et al.*** Effect of natural plant extracts on the quality of meat products: a meta-analysis // Food Materials Research. 2023;3:15. DOI: 10.48130/FMR-2023-0015.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

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

* - работа выполнена за счет средств федерального бюджета в рамках государственного задания «Разработка биологически активных добавок к пище на основе плодово-ягодного, овощного и лекарственного растительного сырья» (FEEF-2023-0016, номер государственного учета НИОКТР 1023053100014-0-2.11.1) по заказу Минобрнауки РФ за счет средств федерального бюджета в 2023-2025 г.г.

УДК 664.76

Шагиахметова А.Р., аспирант, e-mail ajgulgarifullina.19@gmail.com
Гумеров Т.Ю., доктор технических наук, профессор, e-mail tt-timofei@mail.ru
Мингалеева З.Ш., доктор технических наук, профессор, e-mail MingaleevaZSh@corp.knrtu.ru
ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия
Shagiakhmetova A. R., Postgraduate student, e-mail ajgulgarifullina.19@gmail.com
Gumerov T. Yu., doctor of technical sciences, professor, e-mail tt-timofei@mail.ru
Mingaleeva Z. Sh., doctor of technical sciences, professor, e-mail tt-timofei@mail.ruu
Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПИТАНИЯ СОТРУДНИКОВ СПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ

(About some features of nutrition for rescue service employees)

В статье представлена оценка профессиональных рисков сотрудников спасательных служб, подвергающихся значительному воздействию опасных и особо вредных воздействий. Изучен состав минеральных веществ, аминокислот и витаминов в исследуемом пищевом продукте, а также проведен ряд тестов на определение антитоксического эффекта при воздействии на экстракт образца тест-объекта *Paramecium caudatum*. С целью выявления полезных свойств пищевого продукта по защите организма от пагубного воздействия свободных радикалов определена антиоксидантная активность.

Ключевые слова: пищевой статус, питание пожарных, профессиональные риски, рационы питания, антиоксидантная активность, минеральные вещества, аминокислоты, витамины, *Paramecium caudatum*.

This article presents an assessment of the occupational risks faced by rescue workers exposed to significant hazardous and particularly harmful influences. The composition of minerals, amino acids, and vitamins in the food product was studied, and a series of tests were conducted to determine its antitoxic effect when exposed to an extract of a Paramecium caudatum test sample. To identify the beneficial properties of the food product in protecting the body from the harmful effects of free radicals, its antioxidant activity was determined.

Keywords: nutritional status, firefighter nutrition, occupational risks, diets, antioxidant activity, minerals, amino acids, vitamins, Paramecium caudatum.

Введение. За последние два десятилетия акцент в управлении рисками стихийных бедствий резко возрос, поскольку частота и серьезность чрезвычайных ситуаций стремительно увеличилась. Ограниченные ресурсы привели к переходу от моделей, ориентированных на правительство, к подходам, основанным на сообществе, как подчеркивается в Сендайской рамочной программе по снижению риска стихийных бедствий на 2015–2030 годы. Пожарные постоянно подвергаются травмам и увечьям, связанным с работой, в ходе выполнения своих профессиональных обязанностей. Наиболее распространенными травмами являются растяжения и мышечные боли, травмы и ожоги конечностей, а наиболее травмируемыми частями тела являются спина и плечи. Основными факторами, способствующими травмам, являются истощение, отсутствие ситуационной осведомленности, а иногда и человеческие ошибки. Растяжения, мышечные боли, вывихи, переломы, раны, порезы, кровотечения, ушибы, травмы глаз, вдыхание дыма и токсичных газов постоянно присутствуют в определенных пропорциях, несмотря на защитное снаряжение спасателей [1-3].

С точки зрения физического воздействия вдыхание дыма при пожарах может вызывать временные, прогрессирующие или постоянные нарушения оксигенации, приводить к заболеваниям органов дыхания и сосудов. Некоторые элементы, содержащиеся в дыме от пожаров, могут даже обладать канцерогенными свойствами. Тем не менее, в литературе по-прежнему недостаточно разработаны вопросы последствий для физического здоровья спасателей после пожара. В последнее десятилетие (с 2015 г по н.в.) особое развитие получили исследования, посвященные проблеме неполноценного питания пожарных в чрезвычайных ситуациях. Неполноценное питание развивается не только в результате неправильного пищевого поведения и дефицита макро- и микроэлементов, но и в условиях длительных интервалов между приемами пищи, в том числе голодания. Неполноценное питание обуславливает риск возникновения ряда нежелательных процессов в функционировании организма человека, следовательно, и снижения эффективности его спасательной и трудовой функции [4, 5].

Вопросы оптимизации рационов питания спасателей, работающих в чрезвычайных ситуациях, остаются наиболее актуальными и направлены на восполнение дефицита витаминов и минералов, а также на решение проблем обогащения отдельных компонентов лечебно-профилактического питания [6].

Эффективность питания включает три основных элемента: 1) обеспечение удовлетворения физиологической потребности в питательных веществах, согласованное с особо опасными условиями труда; 2) модификация и обогащение пищевых продуктов необходимыми микронутриентами с доказанным эффектом; 3) сочетание продуктов питания с основными условиями их потребления и адаптация к разработанным диетам.

Улучшение питания зависит от тесного сотрудничества с партнерами, имеющими опыт в здравоохранении и управлении информацией. Более тесная координация программ здорового питания и экстренного реагирования в чрезвычайных ситуациях направлена на их эффективное решение в долгосрочной перспективе.

В соответствии с Приказом от 29.04.2013 г. № 290 утверждена категория федеральных государственных гражданских служащих и сотрудников МЧС

России, имеющих право на продовольственное обеспечение при несении службы, участии в полевых учениях, аварийно-спасательных и других неотложных работах, ликвидации последствий стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций. При организации лечебного и диетического питания во вредных условиях труда законодательством Российской Федерации предусмотрены различные меры защиты работников, деятельность которых связана с условиями, отрицательно влияющими на их здоровье. Лечебное и диетическое питание представляет собой выпуск определенных пищевых продуктов и витаминов, предназначенных для лиц, работающих во вредных и опасных условиях, которые позволяют минимизировать воздействие вредных веществ на человека и способствуют скорейшему выведению из организма токсинов и других отравляющих веществ [7].

В зависимости от вида выполняемой работы лечебное и диетическое питание состоит из: молочных продуктов; горячих блюд по специальным диетам; витаминных комплексов или продуктов, обогащенных незаменимыми и минеральными веществами. Необходимость предоставления дополнительного бесплатного питания работникам указана в ст. 222 Трудового кодекса Российской Федерации и входит в комплекс мероприятий по охране труда работников вредных / опасных производств [8].

Сотрудники пожарной службы обеспечиваются питанием, согласно разработанным нормам - паек № 1, в состав которого входят (в граммах):

хлеб из пшеничной муки 1 сорта - 350	*макаронные изделия - 30*	*сухофрукты (изюм, курага, чернослив) - 10*
мука пшеничная 1 сорта - 50	*крупы, бобовые - 120*	*молоко коровье (миллилитры) - 150*
хлеб из смеси ржаной и пшеничной муки 1 сорта - 350		

Поскольку окружающая среда может меняться с каждым вызовом, пожарный редко может осознать все виды рисков в условиях спасательной операции. Особое значение для каждого сотрудника МЧС имеет повышенный риск сердечно-сосудистых заболеваний, постчрезвычайного стресса и различных травм. Правильно подобранный рацион питания и потребление необходимых (сбалансированных) пищевых компонентов способствует скорейшему восстановлению энергетического резерва организма при его истощении и благоприятно влияет на обменные (восстановительные) процессы, тем самым повышая иммунитет при воздействии особо опасных факторов трудовой деятельности.

Целью исследования являлось разработка пищевого продукта моментального употребления, способного восполнить возникающий дефицит эссенциальных нутриентов и минимизировать метаболические нарушения, возникающие при ослаблении организма в связи с детоксикацией и действием опасных факторов пожарно-спасательной деятельности.

В работе рассмотрен рецептурный состав пищевого продукта, включающий следующие ингредиенты: мука грубого помола, тыквенная и морковная клетчатка, абрикосы, розмарин, соль, вода и оливковое масло. Безопасность пищевого продукта подтверждена на основании изучения антитоксического действия (АЭ) экстракта испытуемого образца и его антиоксидантной активности (АА). Антитоксическое действие определялось на тест-объекте - лабораторной монокультуре *Paramecium caudatum Ehrenberg (вид инфузории)*, высокочувствительной к низким концентрациям токсикантов. Метод определения острой летальной токсичности по выживаемости инфузорий основан на определении количества погибших или обездвиженных особей после воздействия в тестируемой жидкости. По истечении заданного времени критерий острой летальной токсичности определялся по количеству выживших испытуемых в каждой лунке [9-11]. При изучении биологической активности экстракта пищевого продукта использовался феррицианидный метод определения АА [12].

Результаты исследований и их обсуждение. Помимо ежедневных физических и умственных нагрузок, пожарные подвергаются более высокому риску возникновения нескольких хронических заболеваний, которые могут повлиять на них в течение длительного времени после выхода на пенсию. Питание влияет на каждый фактор риска, с которым сталкиваются пожарные сегодня.

Примеры питания:

1. Яблочно пюре в индивидуальных упаковках – это быстрый источник углеводов, который не доставляет неудобств при использовании.

2. Сухофрукты - богаты антиоксидантами и клетчаткой.

3. Углеводные батончики, содержащие 30-40 г углеводов с небольшим количеством белка - отлично подходят для приема перед тренировкой или во время интенсивного вызова.

4. Цельнозерновые хлопья в сухом виде или в брикетах для перекуса с высоким содержанием клетчатки.

5. Орехи – как источник полезных жиров (использование порционных упаковок с различными орехами и семенами).

6. Протеиновые батончики с низким содержанием сахара, 15–25 г белка - как альтернативный вариант животных продуктов.

7. Питьевая бутилированная вода (наличие под рукой бутылки объемом 500 мл поможет поддерживать водный баланс в случае её нехватки) [7, 8].

Исходя из перечисленного, авторами предложен многокомпонентный пищевой продукт, состоящий из ингредиентов, указанных в таблице 1 (не содержит консервантов и других химических добавок).

Таблица 1 - Состав и пищевая ценность пищевого продукта

Наименование сырья	Расход сырья, кг	Наименование сырья	Расход сырья, кг
Мука цельнозерновая / клетчатка тыквенная	40,0/13,5	Розмарин/ Имбирь	2,2/2,2
Клетчатка морковная / курага / соль	15,6 / 3,9 / 0,9	Масло оливковое / вода	9,5 / 14,6
Итого сырья	*100 кг*	*Выход*	*98,1 %*
Пищевая ценность 100 гр готового продукта: белки / жиры / углеводы 7,2 / 15,6 / 36,8 (г)			
Калорийность 321,2 ккал		Энергетическая ценность 1349,04 кДж	

Рассматриваемый продукт обогащен ингредиентами, которые способны снижать процессы интоксикации, уменьшать основные симптомы и стадии отравления, а также эффективно адсорбировать токсичные вещества, переводя их в инертную форму и выводя из организма. Процесс приготовления заключался в соединении всех компонентов в определенной последовательности и тщательном их перемешивании до получения однородной массы. Полученное тесто выкладывали на разделочную доску, раскатывали в пласт толщиной 9-10 мм и вырезали прямоугольные полоски массой 40-45 гр. Тестовые заготовки выдерживали в течение 25 минут и выпекали при температуре 180º ≈ 20 минут. Готовые изделия упаковывали в пищевую пленку и перекладывали в картонные коробки.

Как видно из таблицы 1, пищевой продукт в готовом виде характеризуется высокой энергетической ценностью и может быть классифицирован как пищевые продукты с повышенной пищевой ценностью (Технический регламент Таможенного союза 022/2011).

Таблица 2 - Химический состав пищевого продукта

Минеральные вещества		Процент от рекомендуемой суточной нормы потребления / Физиологическая функция
Калий, (мг)	346	14 / Контролирует нервные импульсы и сокращения мышц. Помогает поддерживать баланс жидкости в организме. Поддерживает правильное функционирование мышц и нервной системы
Сальций, (мг)	59	5,9 / Помогает свертыванию крови. Помогает сокращению мышц и работе нервов. Необходим для формирования крепких и здоровых костей.
Магний, (мг)	131	33.0 / Обеспечивает структуру для здоровых костей. Производит энергию из молекул пищи. Поддерживает правильное функционирование мышц и нервной системы.
Натрий, (мг)	315	24.0 / Поддерживает осмотическое давление клеток. Помогает поддерживать объем крови, артериальное давление и баланс жидкости в организме.
Сера, (мг)	50	5.0 / Участвует в синтезе белка. Защищает ваши клетки от повреждений. Помогает в разрыхлении и отшелушивании кожи.
Фосфор, (мг)	266	33.0 / Контролирует нервные импульсы и сокращения мышц. Помогает поддерживать баланс жидкости в организме. Поддерживает правильное функционирование мышц и нервной системы
Селен, (мкг)	5,5	7.9 / Участвует в защите организма от повреждающего воздействия активных форм кислорода. Участвует в синтезе гормонов щитовидной железы и участвует в иммунной функции
Фтор, (мкг)	37.0	0.9 / Стимулирует образование новых костей. Стабилизирует структуру костей
Цинк, (мг)	1,5	13.0 / Способствует заживлению ран. Поддерживает иммунную систему. Помогает формировать крепкие кости. Контролирует работу органов чувств в нервной системе

Таблица 3 - Состав и пищевая ценность продуктов питания

Витамины		Формула	Процент от рекомендуемой суточной нормы, % / Физиологическая функция
A, (мкг)	279.8	$C_{20}H_{30}O$	31 / Помогает формировать и поддерживать здоровье зубов, костей, мягких тканей, слизистых оболочек и кожи.
B_1, (мг)	0.17	$C_{12}H_{17}N_4OS^+$	11 / Помогает клеткам организма преобразовывать углеводы в энергию, также необходимую для работы сердца и здоровья нервных клеток.
B_2, (мг)	0.071	$C_{17}H_{20}N_4O_6$	3.9 / Взаимодействует с другими витаминами группы В, важен для роста организма и выработки эритроцитов.
B_6, (мг)	0.17	$C_8H_{11}NO_3$	8.5 / Помогает формировать красные кровяные клетки и поддерживать работу мозга, а также играет важную роль в белках, которые являются частью многих химических реакций в организме.
B_9, (мкг)	21.8	$C_{19}H_{19}N_7O_6$	5.5 / Помогает тканям расти и клеткам работать, взаимодействует с витамином B12 и витамином С, помогая организму расщеплять, использовать и создавать новые белки, помогает формировать эритроциты, помогает вырабатывать ДНК
C, (мг)	1.9	$C_6H_8O_6$	2.2 / Является антиоксидантом, который блокирует часть повреждений, вызванных свободными радикалами. Помогает организму усваивать железо и поддерживать здоровье тканей. Заживляет раны и формирует рубцовую ткань, восстанавливает и поддерживает хрящи, кости и зубы
E, (мг)	1.75	$C_{31}H_{52}O_3$	12.0 / Является антиоксидантом, также известным как токоферол, помогает организму формировать красные кровяные клетки и использовать витамин К.
K, (мкг)	8.2	$C_{31}H_{46}O_2$	6.8 / Помогает поддерживать прочность костей. Необходим для активации факторов свертывания крови (синтез протромбина) совместно с кальцием, а также другими белками в организме.
PP, (мг)	2.6	$C_6H_5NO_2$	13.0 / Необходим для ряда биологических реакций в организме, также полезен для метаболизма углеводов, белков и жиров, а также участвует в синтезе аминокислот. Необходим для правильного функционирования нервной системы, полезен при стрессе и беспокойстве, а также для улучшения памяти и сна. Ниацин также оказывает тонизирующее действие, противодействуя чувствам слабости и усталости, как физической, так и умственной.

В таблицах 2, 3 и на рис. 1 показан химический состав пищевого продукта. Питание работников должно быть акцентированное на более здоровые, недорогие и непортящиеся пищевые продукты (в том числе ингредиенты), которые могут храниться в течение 2-3 месяцев. Из-за характера работы пожарные подвергаются значительному риску обезвоживания в результате чрезмерной потери жидкости и электролитов. Пожарные могут терять до 350 мл пота в течение 30 минут тушения пожара. Пожарным требуется сбалансированная диета, наполненная сложными углеводами для поддержки тренировок, белками для поддержки восстановления и полезными жирами для поддержки здоровья и энергетической бодрости.

На основе анализа полученных данных по витаминному, минеральному и аминокислотному составу

разработанный пищевой продукт характеризуется отличительными признаками как источник незаменимых пищевых веществ (Приложение 5 к Техническому регламенту Таможенного союза 022/2011).

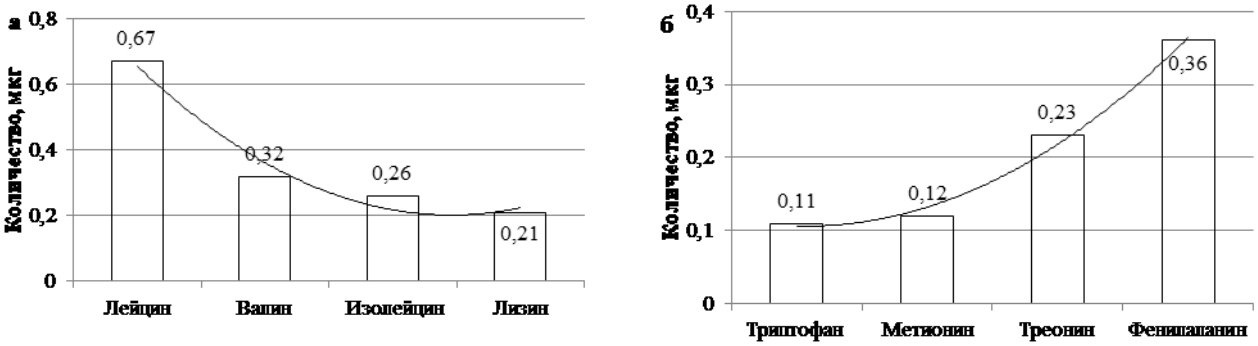


Рис. 1 - Химический состав незаменимых аминокислот (а) первой группы; (б) второй группы

При этом разработанная композиция позволяет получить пищевой продукт с улучшенными вкусовыми характеристиками и аминокислотным составом, способная корректировать обмен веществ в питании сотрудников пожарной охраны с учетом особо опасных условий труда.

Безопасность и контроль качества пищевых продуктов приобретают все большее значение для сохранения и поддержания здоровья человека на необходимом уровне, обеспечивающем устойчивость к заболеваниям и преждевременному старению. Одним из актуальных способов оценки показателя безопасности пищевых продуктов является метод изучения антитоксического эффекта при воздействии на вытяжку образца тест-объекта *Paramecium caudatum*. Эксперимент проводился по ГОСТ Р 57166-2016 «Определение токсичности по выживаемости пресноводной инфузории *Paramecium caudatum Ehrenberg*». Для эксперимента вытяжка пищевого продукта готовилась методом пятикратной гидромодуляции в объеме 100 мл. В качестве контрольного образца использовалась дехлорированная водопроводная вода. Биотестирование проводилось при pH = 6,5-7,5. Эксперимент проводили трижды. Биоантимутагены работают на клеточном уровне, взаимодействуя с эндогенными процессами, приводящими к мутационным событиям. Десмутагены инактивируют мутагены путем прямого взаимодействия, например, могут адсорбироваться высокомолекулярными веществами. При введении в технологию пищевых продуктов биологически активных добавок встает вопрос о биологической безвредности таких продуктов. Время контакта тест-объекта с тестируемым раствором составляло 1 час (что соответствовало максимальному уровню физиологической чувствительности). По истечении указанного времени подсчитывали количество выжившей монокультуры в тестируемом экстракте пищевого продукта с помощью биологического микроскопа типа МБС (при увеличении в 50-100 раз) [13].

Данный тест является одним из наиболее эффективных методов оценки воздействия химических и биологических соединений, содержащихся в пищевых продуктах. По степени изменения показателей жизнеспособности тест-объекта (их выживаемости и снижения количества клеток) определялось токсическое действие, а следовательно, оценивалась вредность или безвредность исследуемого пищевого продукта.

Установлено, что выживаемость инфузорий в образце исследуемого экстракта составила 97%, что свидетельствует об отсутствии генотоксических свойств (биоцидного действия) у экстракта пищевого продукта по отношению к клеточной стенке тест-объекта (протокол микробиологических испытаний №247 от 02.02.2024 г.).

Далее, в работе проведено исследование антиоксидантной активности (АА) с целью выявления полезных свойств пищевого продукта по защите организма от пагубного воздействия свободных радикалов. Экстракт пищевого продукта получали в системе «этанол 70% + дистиллированная вода» в соотношении 1:10. Полученный экстракт фильтровали и проводили исследование АА по следующим методикам [14, 15]. В данной работе установлено, что АА экстракта образца составляет 74,5 %. Высокие значения АА объясняются многокомпонентным составом исследуемого продукта и разнообразным содержанием в нем биологически активных веществ, таких как флавоноиды, полифенольные соединения, полипренолы, органические кислоты, хлорофиллин, авенантрамиды и другие соединения. При хранении пищевого продукта от 30 до 60 суток наблюдалось незначительное изменение АА от 0,87 до 1,2 % в результате естественных процессов деструкции биологически активных веществ.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что разработанный пищевой продукт для питания сотрудников спасательной службы характеризуется высокими показателями АА, а при хранении в течение указанных сроков данный показатель снижается не более чем на 1 %.

Выводы. На основе полученных данных установлено, что разработанный пищевой продукт может быть включен в программу питания личного состава сотрудников спасательной службы. Изучение антитоксического действия показало высокий индекс выживаемости тест-объекта *Paramecium caudatum* (97 %), что подтверждает безвредность и отсутствие биоцидного действия по отношению к живым организмам. Выявлено, что антиоксидантная активность экстракта пищевого продукта составляет 74,5 %. При этом за 30-60 суток хранения готового продукта АА снизилась не более чем на 1 %. В результате проведенных научно-исследовательских работ на предлагаемый пищевой продукт получен патент № 2 824 197 (опубликован: 06.08.2024, Бюл. № 22).

Литература

1. ***Емец, А. Г.*** Состав и качество среднесуточного рациона питания пожарных, разных возрастных групп / А. Г. Емец, М. Х. Ахтямов, Е. Д. Целых // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2024. – Т. 2. – С. 372-377.
2. ***Патент № 2819673 C1*** Российская Федерация, МПК A23L 33/10, A23L 7/10. Питательная смесь специализированного назначения, улучшающая пищеварение : № 2023125193 : заявл. 02.10.2023 : опубл. 22.05.2024 / Н. С. Евдокимов, О. В. Евдокимова, Н. А. Березина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина".
3. ***Емец, А. Г.*** Питание, как один из методов профилактики дисфункциональных и дизадаптивных изменений в организме мужчин, связанных с экстремальными компонентами в профессии / А. Г. Емец, М. Х. Ахтямов, Е. Д. Целых // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. – 2023. – Т. 2. – С. 298-303.
4. ***Бобренева, И. В.*** Подходы к созданию продуктов питания для спасателей МЧС / И. В. Бобренева // Все о мясе. – 2021. – № 1. – С. 52-58. – DOI 10.21323/2071-2499-2021-1-52-58.
5. ***Зерновые батончики для питания сотрудников спасательной службы*** / Е. А. Ефимова, Т. Ю. Гумеров, А. К. Клинцова, З. Ш. Мингалеева // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2024. – № 6(89). – С. 35-41. – DOI 10.33979/2219-8466-2024-89-6-35-41..
6. ***Гумеров, Т. Ю.*** О питании сотрудников спасательной службы / Т. Ю. Гумеров, А. К. Клинцова, Е. А. Насырова // Безопасность жизнедеятельности. – 2025. – № 5(293). – С. 6-11.
7. **Особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны** / М. В. Яковлева, М. В. Санников, С. С. Алексанин, Н. В. Нестеренко // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2021. – № 4. – С. 94-102. – DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-94-102.
8. ***Влияние специализированных напитков с пектином на адаптационное состояние и здоровье рабочих резинотехнического производства*** / Н. Б. Трофимова, Е. А. Вовк, Н. И. Данилова [и др.] // Профилактическая медицина. – 2021. – Т. 24, № 2. – С. 68-75. – DOI 10.17116/profmed20212402168.
9. ***Влияние растворенного кислорода в среде на индексы токсичности, получаемые различными методами биотестирования*** / П. В. Манахова, А. В. Смирнов, М. И. Семенова, А. С. Ковалевская // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 38-50. – DOI 10.30724/1998-9903-2024-26-1-38-50.
10. ***Биотестирование мультизерновых хлебобулочных изделий*** / А. Г. Моисеенко, В. В. Мартиросян, Е. В. Жиркова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 8. – С. 87-91. – DOI 10.53859/02352451_2022_36_8_87.
11. ***Олькова, А. С.*** Процедура выбора методов биотестирования в условиях разных видов загрязнения / А. С. Олькова // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 3(17). – С. 63-75. – DOI 10.23859/estr-220324.
12. ***Разработка экспрессной методики определения общего сахара в диабетических кондитерских изделиях*** / Н. Е. Куликова, А. Г. Чернобровина, Н. Н. Роева, О. Ю. Попова // Аналитика. – 2023. – Т. 13, № 1. – С. 60-65. – DOI 10.22184/2227-572X.2023.13.1.60.64.
13. ***Белоусова, З. П.*** Исследование связи между структурой фенольных производных 1,2,4-триазола и токсичностью для Paramecium caudatum / З. П. Белоусова, Е. С. Селезнева // Бутлеровские сообщения. – 2024. – Т. 77, № 3. – С. 9-14. – DOI 10.37952/ROI-jbc-01/24-77-3-9.
14. ***Храмченкова, О. М.*** Антиоксидантные свойства экстрактов из культивируемых и дикорастущих макромицетов / О. М. Храмченкова // Бюллетень науки и практики. – 2023. – Т. 9, № 7. – С. 24-31. – DOI 10.33619/2414-2948/92/03.
15. ***Методические подходы к потенциометрическому определению содержания антиоксидантов*** / А. И. Фокина, А. Б. Нилова, Е. Г. Фоминых, А. В. Сазанов // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 54-62. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-054-062.

Поступила в редакцию: 10.09.2025 г.
Принята к публикации: 04.10.2025 г.

Шагиахметова А.Р., аспирант кафедры технологии пищевых производств, e-mail ajgulgarifullina.19@gmail.com Гумеров Т.Ю., доктор технических наук, профессор кафедры технологии пищевых производств, e-mail tt-timofei@mail.ru Мингалеева З.Ш., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии пищевых производств кафедры технологии пищевых производств, e-mail MingaleevaZSh@corp.knrtu.ru, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г.Казань, Россия

scientia, virtus, libertas