

**Теоретический и
научно-практический журнал**

№ 1 (39) 2026

ISSN 2542-0283



Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии



**Актуальные вопросы
сельскохозяйственной биологии**

Теоретический и научно-
практический журнал

**Выпуск 1 (39)
2026 г.**

Учредитель:

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Белгородский
государственный аграрный университет
имени В.Я. Горина»

Издаётся с 2016 года

Выходит один раз в квартал

Официальный сайт: <https://belgau.ru>

В журнале публикуются результаты
фундаментальных и прикладных
исследований, обсуждаются теоретические,
методологические и прикладные проблемы
сельскохозяйственной биологии России и
зарубежья, предлагаются пути их решения

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ № ФС 77-65354 от 18 апреля 2016 г.
выдано Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных технологий и
массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

ISSN – 2542-0283

Подписной индекс в каталоге
«Объединенный каталог. Пресса России.
Газеты и журналы» – 38783.

Журнал включён в Российский индекс
научного цитирования (РИНЦ).

Дизайн-макет и компьютерная вёрстка:
Манохин А.А., Воробьёва Т.Ю.

Адрес учредителя, издателя
и редакции журнала:
308503, ул. Вавилова, 1, п. Майский,
Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
Тел.: +7 4722 39-11-69,
Факс: +7 4722 39-22-62

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Алейник С.Н., к.т.н., доцент;
Заместитель главного редактора – Пархомов Е.А., к.э.н.

Члены редакционной коллегии:

Артемов Е.С., к.с.-х.н.;	Кулаченко И.В., к.б.н., доцент;
Асрутдинова Р.А., д.вет.н., профессор;	Литвинов Ю.Н., к.б.н., доцент;
Белова Л.М., д.б.н., профессор;	Мерзленко Р.А., д.вет.н., профессор;
Беспалова Н.С., д.вет.н., профессор;	Мирошниченко И.В., к.б.н.;
Востроиллов А.В., д.с.-х.н., профессор;	Никулин И.А., д.вет.н., профессор;
Гаглоев А.Ч., д.с.-х.н., профессор;	Походня Г.С., д.с.-х.н., профессор;
Гертман А.М., д.вет.н., профессор;	Присный А.А., д.б.н., доцент;
Гнездилова Л.А., д.вет.н., профессор;	Пронина Г.И., д.б.н., доцент;
Добудько А.Н., к.б.н., доцент;	Семенютин В.В., д.б.н., профессор;
Дронов В.В., д.вет.н., доцент;	Скворцов В.Н., д.вет.н., профессор;
Каложный И.И., д.вет.н., профессор;	Скоркина М.Ю., д.б.н., профессор;
Капустин Р.Ф., д.б.н., профессор;	Швецов Н.Н., д.с.-х.н., профессор;
Корниенко П.П., д.с.-х.н., профессор;	Яшин А.В., д.вет.н., профессор.

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Алейник С.Н., к.т.н., доцент – председатель;
Пархомов Е.А., к.э.н. – зам. председателя.

Члены научно-редакционного совета:

Бреславец П.И., к. вет. н., доцент;
Котарев В.И., д.с.-х.н., профессор, член-корреспондент РАН;
Резниченко Л.В., д.вет.н., профессор;
Шабунин С.В., д. вет. н., профессор, академик РАН.

В Перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук, включены следующие научные специальности, представленные в журнале:

- 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки)
- 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)
- 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)
- 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственные науки)
- 4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки, сельскохозяйственные науки)
- 4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

Информация об ответственных редакторах и секретарях тематических секций указана в конце журнала в разделе «Руководство для авторов».

Actual issues in agricultural biology

Theoretical, research and practice
journal

**Release 1 (39)
2026**

Founder:

Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education
«Belgorod State Agricultural University
named after V. Gorin»

Published since 2016

Issued once per quarter

Official website: <https://belgau.ru>

The journal publishes the results of
fundamental and applied research,
discusses the theoretical, methodological
and applied problems of the agricultural
biology of Russia and abroad, suggests
ways to solve them

Registration Certificate
ПН № ФС 77-65354 of 18 April 2016
issued by the Federal service for
supervision in the sphere of Telecom,
information technologies and mass
communications (Roskomnadzor)

ISSN – 2542-0283

Subscription Index in the directory «The
United catalogue. The Russian Press.
Newspapers and magazines» – 38783.

The journal is included in the Russian
Index of Scientific Citing (RISC).

Design layout and computer-aided
makeup: Manokhin A.A., Vorobyeva T.Y.

Address of Founder, Publisher
and Editorial board:
ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy,
Belgorod region, Russia
Tel.: +7 4722 39-11-69,
Fax: +7 4722 39-22-62

© Federal State Budgetary Educational
Institution of Higher Education «Belgorod
State Agricultural University named
after V. Gorin», 2026

EDITORIAL STAFF

Editor in Chief – Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci., as. professor;
Deputy editor – Parkhomov E.A., Cand. Econ. Sci.

Members of Editorial Staff:

Artemov E.S., Cand. Agr. Sci.;	Kulachenko I.V., Cand. Biol. Sci., as. prof.;
Asrutdinova R.A., Dr. Vet. Sci., prof.;	Litvinov Yu.N., Cand. Biol. Sci., as. prof.;
Belova L.M., Dr. Biol. Sci., prof.;	Merzlenko R.A., Dr. Vet. Sci., prof.;
Bespalova N.S., Dr. Vet. Sci., prof.;	Miroshnichenko I.V., Cand. Biol. Sci.;
Vostoirolov A.V., Dr. Agr. Sci., prof.;	Nikulin I.A., Dr. Vet. Sci., prof.;
Gagloev A.Ch., Dr. Agr. Sci., prof.;	Pokhodnia G.S., Dr. Agr. Sci., prof.;
Gertman A.M., Dr. Vet. Sci., prof.;	Prisny A.A., Dr. Biol. Sci., as. prof.;
Gnezdilova L.A., Dr. Vet. Sci., prof.;	Pronina G.I., Dr. Biol. Sci., as. prof.;
Dobudko A.N., Cand. Biol. Sci., as. prof.;	Semenyutin V.V., Dr. Biol. Sci., prof.;
Dronov V.V., Dr. Vet. Sci., as. prof.;	Skvortsov V.N., Dr. Vet. Sci., prof.;
Kalyuzhny I.I., Dr. Vet. Sci., prof.;	Skorkina M.Yu., Dr. Biol. Sci., prof.;
Kapustin R.F., Dr. Biol. Sci., prof.;	Shvetsov N.N., Dr. Agr. Sci., prof.;
Kornienko P.P., Dr. Agr. Sci., prof.;	Yashin A.V., Dr. Vet. Sci., prof.

EDITORIAL BOARD

Aleinik S.N., Cand. Tech. Sci., as. professor. – Chairman;
Parkhomov E.A., Cand. Econ. Sci. – Vice-Chairman.

Members of Editorial Board:

Breslavets P.I., Cand. Vet. Sci., assoc. professor;
Kotarev V.I., Dr. Agr. Sci., professor, Corresponding Member of the RAS;
Reznichenko L.V., Dr. Vet. Sci., professor;
Shabunin S.V., Dr. Vet. Sci., professor, Academician of the RAS.

The list of leading reviewed scientific journals in which the main scientific results of dissertations for the doctoral degrees of doctor and candidate of science should be published includes the following scientific specialties presented in the journal:

- 4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (biological sciences, veterinary sciences)
- 4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences)
- 4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)
- 4.2.4. Private animal husbandry, feeding, feed preparation and production technologies animal products (biological sciences, agricultural sciences)
- 4.2.5. Breeding, breeding, genetics and biotechnology of animals (biological sciences, agricultural sciences)
- 4.2.6. Fisheries, aquaculture and industrial fisheries (biological sciences)

Information about executive editors and secretaries of thematic sections is given at the end of the journal in the section «Guidelines for Authors».

Printed in OOO (Limited liability company)
Publication and printing center «POLYTERRA»
Signed for publication 01.04.2026, date of publication 15.04.2026.
Conventional printed sheet 10,1. Circulation 1000 copies.
Order № 2123. Free price.
Address of printing: st. Student 16, office 19, Belgorod, Russia.
tel. +7 910 360-14-99
e-mail: polyterra@mail.ru, official website: <http://www.polyterra.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ВЕТЕРИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

<i>М.Т. Атамов, Н.А. Пудовкин, В.В. Салаутин</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДИНАМИКИ МАТОЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ КОНСЕРВАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ОТКРЫТОЙ ПИОМЕТРЫ У ПЛОТОЯДНЫХ.....	5
<i>Е.В. Веденина, Е.Е. Малиновская, Л.В. Клетикова</i> ОЗОНОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСЕ ЛЕЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЛИМФОЦИТАРНО-ПЛАЗМОЦИТАРНОМ ГИНГИВОСТОМАТИТЕ У КОШКИ.....	12
<i>Д.В. Воробьев, Н.И. Захаркина, Н.А. Пудовкин, А.Р. Маркова</i> РОЛЬ КОМПЛЕКСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕГУЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И БИОСИНТЕЗА В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА ПЕСТРОГО ТОЛСТОЛОБИКА.....	17
<i>С.В. Каплун, С.Н. Тресницкий, Н.А. Гарская</i> МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТА РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	24
<i>Л.В. Клетикова, Ю.Н. Шацурина, Л.В. Вирзум</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЕРМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ КРОВИ У КУР РАЗНОГО ВОЗРАСТА.....	31
<i>Е.С. Козлов, А.А. Шелковая</i> ИММУНОДИАГНОСТИКА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У КОШЕК И СОБАК.....	35
<i>Р.А. Мерзленко</i> ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПЕЧЕНОЧНЫХ ТЕСТОВ У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ПРОСТОР».....	39
<i>Н.А. Слесаренко, Е.О. Широкова, Ф.Д. Плешаков</i> РЕНТГЕНОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СКЕЛЕТА КОНЕЧНОСТЕЙ У ЖИВОТНЫХ.....	44
<i>К.С. Эльбекьян, Е.В. Маркарова, А.Б. Мураваьева</i> МЕЛАТОНИН В ЖИВОТНОВОДСТВЕ.....	49
ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА И РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА	
<i>Е.В. Егорова, Е.П. Симурзина, В.Г. Семенов</i> РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА МЯСНЫХ КАЧЕСТВ ГОЛШТИНСКИХ БЫЧКОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРА.....	61
<i>Н.А. Маслова, Т.В. Троцилова</i> ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ КОРМОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ.....	66
<i>А.П. Хохлова, А.В. Быценко</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКРЕЩИВАНИЯ ГИБРИДНЫХ СВИНОМАТОК С ЧИСТОПОРОДНЫМИ И ТЕРМИНАЛЬНЫМИ ХРЯКАМИ.....	72
Руководство для авторов.....	76

CONTENTS

BIOLOGICAL AND VETERINARY ASPECTS OF MODERN AGRICULTURAL PRODUCTION

<i>M.T. Atamov, N.A. Pudovkin, V.V. Salautin</i> A COMPARATIVE EVALUATION OF THE CLINICAL EFFICACY AND UTERINE HEMODYNAMICS IN CONSERVATIVE TREATMENT OF OPEN PYOMETRA IN CARNIVORES.....	5
<i>E.V. Vedenina, E.E. Malinovskaya, L.V. Kletikova</i> OZONE THERAPY AS PART OF A TREATMENT PACKAGE FOR LYMPHOCYTIC-PLASMACYTIC GINGIVOSTOMATITIS IN CATS.....	12
<i>D.V. Vorobyov, N.I. Zakharkina, N.A. Pudovkin, A.R. Markova</i> THE ROLE OF A MICROELEMENT COMPLEX IN THE REGULATION OF ENERGY METABOLISM AND BIOSYNTHESIS DURING BIGGY CARPOI EMBRYOGENESIS.....	17
<i>S.V. Kaplun, S.N. Tresnitskiy, N.A. Garskaya</i> METABOLIC CHARACTERISTICS OF DAIRY CATTLE OF DIFFERENT GENOTYPES DURING ADAPTATION TO INDUSTRIAL TECHNOLOGY.....	24
<i>L.V. Kletikova, Yu.N. Shashurina, L.V. Virzum</i> COMPARATIVE ANALYSIS OF BLOOD ENZYME PROFILES IN CHICKENS OF DIFFERENT AGES.....	31
<i>E.S. Kozlov, A.A. Shelkovava</i> IMMUNODIAGNOSTICS OF BREAST MALIGNANCIES IN CATS AND DOGS.....	35
<i>R.A. Merzlenko</i> EVALUATION OF BIOCHEMICAL LIVER TESTS IN LACTATING COWS AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE «PROSTOR».....	39
<i>N.A. Slesarenko, E.O. Shirokova, F.D. Pleshakov</i> X-RAY MORPHOLOGICAL CRITERIA FOR ASSESSING THE CONDITION OF THE ANIMAL'S SKELETAL SYSTEM.....	44
<i>K.S. Elbekyan, E.V. Markarova, A.B. Muravyeva</i> MELATONIN IN ANIMAL HUSBANDRY.....	49
ZOOTECHNICAL BASIS FOR THE DEVELOPMENT OF ANIMAL HUSBANDRY AND FISHERIES	
<i>E.V. Egorova, E.P. Simurzina, V.G. Semenov</i> REALIZING THE MEAT QUALITY POTENTIAL OF HOLSTEIN BULLS THROUGH BIOSTIMULATOR APPLICATION.....	61
<i>N.A. Maslova, T.V. Troshchilova</i> THE FEASIBILITY OF USING AN ENZYMATIC FEED ADDITIVE IN THE DIETS OF BROILER CHICKENS..	66
<i>A.P. Khokhlova, A.V. Bitsenko</i> EFFICIENCY OF CROSSING HYBRID SOWS WITH PUREBRED AND TERMINAL BOARS.....	72
Guidelines for authors.....	76

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И ВЕТЕРИНАРНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 619.614.4

М.Т. Атамов, Н.А. Пудовкин, В.В. Салаутин

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КЛИНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ДИНАМИКИ МАТОЧНОЙ ГЕМОДИНАМИКИ ПРИ КОНСЕРВАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ОТКРЫТОЙ ПИОМЕТРЫ У ПЛОТОЯДНЫХ

Аннотация. Открытая пиометра является распространенным и потенциально летальным заболеванием репродуктивной системы у плотоядных животных, требующим незамедлительного терапевтического вмешательства. В настоящее время консервативное лечение на основе антипрогестагенов рассматривается как альтернатива овариогистерэктомии, особенно для ценных в племенном отношении животных. Целью данного исследования явилась комплексная сравнительная оценка эффективности двух протоколов медикаментозной терапии открытой пиометры: стандартной монотерапии селективным блокатором рецепторов прогестерона и комбинированной схемы, включающей дополнительное назначение синтетического аналога простагландина F2 α с выраженным утеротоническим и вазоактивным действием. Установлено, что консервативное лечение открытой пиометры с применением антагониста прогестерона аглепристона является эффективным методом, приводящим к значительному улучшению состояния животных, сокращению размеров матки и купированию системного воспаления. Терапия в обеих исследуемых группах обеспечила выраженный положительный клинический результат, что подтверждается нормализацией температуры тела, частоты дыхания и стабилизацией сердечной деятельности в течение первых суток, а также значительной инволюцией матки к восьмому дню лечения. Однако сравнительный анализ двух терапевтических протоколов выявил существенные различия в динамике процесса и его патофизиологических аспектах. Комбинированная схема, дополненная синтетическим простагландином клопростенолом, характеризуется более быстрым начальным ответом, проявляющимся в интенсивном сокращении площади матки в первые дни лечения, что потенциально позволяет ускорить эвакуацию инфицированного содержимого и снизить интоксикацию. Ключевым выводом, основанным на данных доплерографического исследования, является более благоприятное влияние комбинированной терапии на восстановление маточной гемодинамики. Показатели, отражающие периферическое сосудистое сопротивление, такие как индекс резистентности и индекс пульсативности, наряду с более высокими значениями конечной диастолической скорости, демонстрируют статистически значимо лучшее состояние кровотока в этой группе. Это свидетельствует о более полной регрессии воспалительного отека, снижении тонуса маточных артерий и, как следствие, о создании оптимальных условий для перфузии и репарации эндометрия.

Ключевые слова: открытая пиометра, собаки, консервативное лечение, антипрогестагены, простагландины, аглепристон, клопростенол, ультразвуковая диагностика, доплерография, маточный кровоток, индекс резистентности, индекс пульсации, гемодинамика, сравнительная эффективность.

A COMPARATIVE EVALUATION OF THE CLINICAL EFFICACY AND UTERINE HEMODYNAMICS IN CONSERVATIVE TREATMENT OF OPEN PYOMETRA IN CARNIVORES

Abstract. Open pyometra is a common and potentially fatal reproductive disease in carnivores, requiring immediate therapeutic intervention. Conservative treatment with antiprogestins is currently considered an alternative to ovariohysterectomy, particularly for animals valuable for breeding. The aim of this study was to comprehensively compare the efficacy of two drug treatment protocols for open pyometra: standard monotherapy with a selective progesterone receptor blocker and a combination regimen that additionally includes a synthetic prostaglandin F2 α analogue with pronounced uterotonic and vasoactive effects. Conservative treatment of open pyometra with the progesterone antagonist aglepristone was found to be effective, leading to significant improvement in animal condition, uterine size reduction, and suppression of systemic inflammation. Therapy in both study groups provided a significant positive clinical outcome, as evidenced by the normalization of body temperature, respiratory rate, and stabilization of cardiac function within the first 24 hours, as well as significant uterine involution by the eighth day of treatment. However, a comparative analysis of the two treatment protocols revealed significant differences in the dynamics of the process and its pathophysiological aspects. The combination regimen supplemented with the synthetic prostaglandin cloprostenol is characterized by a more rapid initial response, manifested by an intense contraction of the uterine surface in the first days of treatment, potentially accelerating the evacuation of infected contents and reducing intoxication. A key finding, based on Doppler ultrasound data, is the more favorable effect of combination therapy on the restoration of uterine hemodynamics. Indicators reflecting peripheral vascular resistance, such as the resistance index and pulsatility index, along with higher end-diastolic velocity values, demonstrate statistically significantly better blood flow in this group. This indicates a more complete regression of inflammatory edema, a decrease in the tone of the uterine arteries and, as a consequence, the creation of optimal conditions for perfusion and reparation of the endometrium.

Keywords: open pyometra, dogs, conservative treatment, antiprogestogens, prostaglandins, aglepristone, cloprostenol, ultrasound diagnostics, Doppler ultrasonography, uterine blood flow, resistance index, pulsatility index, hemodynamics, comparative efficacy.

Введение. Заболевания репродуктивной системы вносят существенный вклад в структуру хирургической патологии мелких домашних животных, составляя, по различным оценкам, 16–18 % всех случаев, что ставит их на второе место по частоте встречаемости [4]. Среди патологий матки у нестерилизованных сук особую клиническую значимость имеет комплекс кистозной гиперплазии эндометрия – пиометра. Статистические исследования показывают, что к 10-летнему возрасту данное заболевание развивается примерно у четверти животных, а у представителей ряда пород генетически обусловленный риск может превышать 50 % [6].

Патогенез пиометры связан с прогестерон-индуцированными изменениями эндометрия, его гиперплазией и последующим присоединением бактериальной инфекции. Это приводит к массивному скоплению гнойного экссудата в полости матки, обычно синхронно с фазой желтых тел или сразу после неё. Локальный воспалительный процесс быстро трансфор-

мируется в угрожающее жизни системное заболевание с синдромом эндогенной интоксикации и полиорганной недостаточности, требующее неотложного вмешательства [7].

Современные данные указывают на то, что развитие пиометры сопровождается комплексом васкулярных и пролиферативных изменений: усилением маточного кровотока, снижением сосудистого сопротивления, активным воспалением и локальным ангиогенезом [3, 5]. Эти патофизиологические особенности обосновывают применение доплерографических методов исследования в диагностике. Ультразвуковая доплерография позволяет неинвазивно оценить параметры кровотока в маточной артерии, перфузию тканей, архитектуру сосудов и ключевые гемодинамические показатели, что повышает точность диагностики и позволяет дифференцировать стадии процесса [1, 2].

Без лечения летальность при пиометре достигает 3–10 %. Овариогистерэктомия остаётся методом выбора для сук с закрытой шейкой матки или выраженными системными нарушениями [9]. Однако для племенных, пожилых или ослабленных животных, а также при высоком анестезиологическом риске применяется медикаментозная терапия [10]. Одним из её вариантов является использование природного или синтетического простагландина F₂-α (PGF₂-α), который вызывает лютеолиз и сокращения матки. Однако такое лечение может сопровождаться побочными эффектами: гипотермией, диареей, гиперсаливацией, рвотой, угнетением или возбуждением с тремором. Для снижения частоты нежелательных реакций низкие дозы PGF₂-α могут комбинироваться с ингибитором пролактина (каберголин), антипрогестином (аглепристон) или антагонистом ГнРГ (ацилин) [8].

Аглепристон действует как конкурентный антагонист прогестерона, блокируя его эффекты, но противопоказан при дисфункции печени и почек, диабете, надпочечниковой недостаточности, а также не везде доступен. Хотя эффективность монотерапии аглепристоном была подтверждена ранее, комбинация с другими препаратами может повысить результативность лечения. Несмотря на имеющиеся данные об успешности медикаментозного лечения с точки зрения клинической симптоматики, показателей крови и характера выделений, изменения маточной гемодинамики в динамике как возможный прогностический или оценочный критерий остаются малоизученными.

Целью исследования было сравнение эффективности двух протоколов медикаментозного лечения пиометры у сук на основе клинической оценки, реакции костного мозга, а также анализа динамики гемодинамики и васкуляризации матки в процессе терапии.

Материалы и методы исследований. Диагноз «пиометра с открытой шейкой матки» устанавливали всем животным на основании совокупности клинических признаков, данных физикального осмотра, лабораторных анализов и ультразвукового исследования (УЗИ) матки. При УЗИ оценивали характер внутриматочного содержимого, отмечая высокую васкуляризацию эндометрия, усиление маточного кровотока и снижение резистентности маточных артерий.

К основным клиническим симптомам относили гнойные или кровянистые выделения из влагалища, вялость, анорексию, угнетение и дегидратацию. Критериями исключения из исследования служили наличие тяжелых системных заболеваний (дисфункция почек или печени, сепсис, перитонит) либо закрытая форма пиометры.

В соответствии с терапевтическим протоколом животные были рандомизированы на две экспериментальные группы.

Первая группа аглепристона (n=6): животные получали подкожные инъекции аглепристона (Ализин®, 30 мг/100 мл, Virbac) в дозе 10 мг/кг ежедневно на 1, 2 и 8-й дни.

Вторая группа комбинированной терапии (n=6): животным, помимо аглепристона по аналогичной схеме (дни 1, 2 и 8-й), с 1 по 7-й день дополнительно вводили внутримышечно 1 мг/кг клопростенола (Ovolute®, 7,5 мг/100 мл).

Все животные содержались в условиях стационара и интенсивной терапии. С 1 по 8-й день всем сукам проводилась поддерживающая инфузионная терапия (0,9 %-ный раствор натрия хлорида, 5 – 10 мл/кг/ч внутривенно) и антимикробная терапия препаратами широкого спектра: энрофлоксацин 50 (5 мг/100 мл, AlpoVet Ltd, Кипр) в дозе 10 мг/кг/сут и метронидазол (Endonidazol®, 5 мг/мл, Эльфа ЗАО НПЦ, Россия) в дозе 30 мг/кг/сут.

На 9-й день после постановки диагноза и завершения лечебного курса всем животным была выполнена овариогистерэктомия. Полученные образцы тканей матки подвергли гистопатологическому исследованию.

Клиническое обследование животных, включавшее измерение частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), частоты дыхания (ЧД, дв/мин) и ректальной температуры (°С), проводилось на 1 и 2-й дни терапии. Параллельно регистрировались возможные побочные реакции, такие как рвота, диарея, гиперсаливация и мидриаз.

Ультразвуковую диагностику проводили в В-режиме, цветное доплеровское картирование, импульсно-волновая доплерометрия.

Ежедневно, перед началом терапии, в течение 8 дней проводили трансабдоминальное ультразвуковое исследование с использованием конвексного датчика 5 МГц (Mindray® M5Vet, Китай).

В-режим – в поперечном сечении измеряли максимальный диаметр маточных рогов. Площадь поперечного сечения наиболее расширенного рога рассчитывали по формуле эллипса: (ширина/2) × (высота/2) × π.

Цветное доплеровское картирование – для качественной оценки васкуляризации эндометрия использовали трехбалльную шкалу (1 – минимальная, 3 – максимальная васкуляризация) по классификации Вейги и др.

Импульсно-волновая доплерометрия – в продольном сечении визуализировали правую и левую маточные артерии, используя мочевого пузыря как акустическое окно. Определяли скоростные (пиковая систолическая – ПС, конечная диастолическая – КД скорости) и расчетные гемодинамические параметры (индекс резистентности – ИР, индекс пульсации – ИП, систоло-диастолическое соотношение – С/Д). Маточный рог, связанный с артерией, имеющей наименьший ИР, классифицировали как «наиболее пораженный», контралатеральный – как «менее пораженный».

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета SAS версии 9.3. Нормальность распределения и гомогенность дисперсий проверяли с помощью соответствующих тестов. При необходимости данные подвергали преобразованию для соответствия условиям параметрического анализа. Статистически значимыми считали различия при $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. Применение медикаментозной терапии при открытой пиометре требует постоянного мониторинга состояния животного для оценки эффективности и своевременной коррекции лечения. В таблице 1 представлена динамика ключевых клинических показателей у собак с открытой пиометрой в течение первых 24 часов после начала консервативной терапии, что позволяет объективно оценить скорость положительной реакции организма на проводимое лечение.

Таблица 1 – Динамика клинических показателей у животных с открытой пиометрой на фоне медикаментозной терапии в течение 24 часов

Время	ЧСС, уд/мин	ЧДД, дв/мин	Ректальная температура, °С
1 группа			
0 мин.	51,5±2,1	35,0±2,1	43,2±1,0
15 мин.	77,2±3,6	43,5±3,0	43,2±0,6
1 ч.	75,3±2,5	36,3±2,1	43,1±0,8
2 ч.	76,1±1,8	33,3±1,8	42,5±0,5
3 ч.	77,2±1,0	27,4±2,0	41,5±1,0
6 ч.	79,2±3,6	25,9±1,9	41,4±1,0
12 ч.	81,1±2,5	26,2±2,3	41,5±0,6
24 ч.	79,2±3,6	26,3±2,2	41,4±0,3
2 группа			
0 мин.	43,2±1,1	36,5±2,5	43,6±1,0
15 мин.	120,1±8,6	54,2±4,3	43,5±1,0
1 ч.	74,3±5,8	43,6±2,6	42,1±1,0
2 ч.	85,4±6,5	35,4±1,3	41,1±0,5
3 ч.	83,2±4,3	28,9±1,9	41,0±0,6
6 ч.	82,6±3,5	26,8±2,0	41,6±0,3
12 ч.	85,5±4,0	24,9±1,9	41,2±0,7
24 ч.	83,6±4,3	25,9±2,0	41,3±1,0

На основании представленных данных в таблице 1 можно сделать следующие выводы. Исходное состояние животных в обеих группах было сопоставимым и отражало тяжесть системного воспалительного ответа, характерного для данного заболевания. На момент начала лечения у всех собак регистрировалась гипертермия (в среднем 43,2–43,6 °С), выраженная брадикардия (ЧСС 43,2–51,5 уд/мин) и компенсаторное увеличение частоты дыхательных движений (35,0–36,5 дв/мин). Эта триада признаков является типичной для пиометры, осложненной интоксикацией и дегидратацией.

Введение терапевтических препаратов вызвало различную острую реакцию, что четко прослеживается в первые два часа наблюдения. В группе, получавшей монотерапию антагонистом прогестерона аглепристоном, отмечалась умеренная и физиологичная реакция: к 15-й минуте зафиксирован подъем ЧСС до 77,2±3,6 уд/мин с последующей стабилизацией, при этом частота дыхания и температура тела значимо не изменились. Напротив, у животных, которым дополнительно вводили синтетический аналог простагландина F_{2α} клопростенол, наблюдалась выраженная гипердинамическая реакция. Через 15 минут после инъекции зарегистрирована резкая тахикардия (120,1±8,6 уд/мин) и значительное увеличение ЧДД (54,2±4,3 дв/мин) при сохранении высокой температуры тела. Данная картина соответствует известным системным эффектам простагландинов, связанным со стимуляцией гладкой мускулатуры бронхов и сосудов, и указывает на менее благоприятный профиль переносимости комбинированной схемы в начальный период лечения.

К 3–6 часам от начала терапии в обеих группах отмечалась выраженная положительная динамика по ключевым показателям. Наиболее значимым результатом явилось устойчивое снижение ректальной температуры до субфебрильных значений (41,0–41,6 °С к 24 часу), что свидетельствует о купировании тяжелого воспалительного процесса и эффективности проводимой комплексной терапии, включающей инфузионную поддержку и антимикробные препараты. Параллельно произошла нормализация частоты дыхательных движений до видовой нормы (24,9–28,9 дв/мин), что отражает уменьшение интоксикации, болевого синдрома и метаболической нагрузки.

Динамика сердечного ритма в отдаленном периоде (6–24 часа) также демонстрирует сходные тенденции, но с некоторыми особенностями. В группе монотерапии аглепристоном сохранялась стабильная умеренная тахикардия (79,2–81,1 уд/мин), вероятно, обусловленная остаточными явлениями интоксикации, гиповолемии или легким кардиотоническим эффектом лечения. В комбинированной группе после купирования острой гиперреакции на простагландин к 24-му часу установился сопоставимый уровень ЧСС (83,6±4,3 уд/мин).

Таким образом, обе исследованные терапевтические схемы в составе комплексного интенсивного лечения приводят к сопоставимому положительному клиническому эффекту в течение первых суток, выражающемуся в устранении гипертермии и нормализации функции внешнего дыхания. Принципиальное различие заключается в характере переносимости лечения: применение схемы с клопростенолом сопряжено с развитием выраженных транзиторных побочных вегетативных реакций (острая тахикардия, тахипноэ), требующих повышенного клинического внимания в первые часы после введения. Монотерапия аглепристоном характеризуется более плавной и мягкой динамикой витальных показателей.

Побочные эффекты (рвота, гиперсаливация, диарея, мидриаз или миоз), наблюдавшиеся в период от 15 до 120 минут после инъекции, были отмечены исключительно в группе комбинированной терапии и были связаны с введением аналога PGF_{2α}. В группе монотерапии аглепристоном подобных нежелательных явлений не зарегистрировано.

На рисунке 1 представлена динамика изменения площади матки (в см²) у животных с открытой пиометрой, получавших различные схемы лечения, на протяжении 8-суточного экспериментального периода. Визуальный анализ графика позволяет выявить как общие закономерности, так и различия в ответе на терапию между группами.

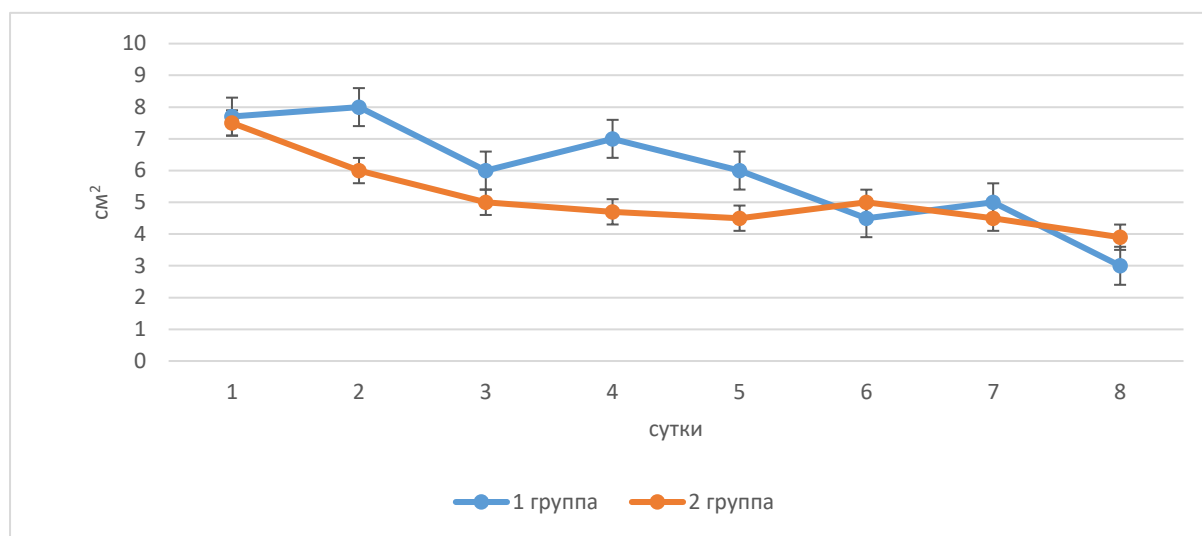


Рис. 1 – Динамика изменения площади матки (см²) у животных с открытой пиомерой на фоне различной медикаментозной терапии

Общей и наиболее значимой тенденцией является выраженное сокращение площади матки к 8-м суткам наблюдения в обеих группах по сравнению с исходными данными на 1-е сутки. Это служит объективным ультразвуковым подтверждением эффективности медикаментозной терапии, направленной на опорожнение и инволюцию воспаленного органа. Исходные размеры матки в группах были сопоставимы, что указывает на однородность исследуемых животных по тяжести патологии до начала лечения.

При детальном рассмотрении выявляются различия в кинетике регрессии матки. В группе 1, получавшей монотерапию аглепристоном, наблюдается плавная и постепенная динамика уменьшения площади органа. Наиболее заметное сокращение происходит на начальном этапе – между 1 и 2-ми, а также между 3 и 4-ми сутками. Данная динамика соответствует механизму действия антагониста прогестерона, который, блокируя рецепторы, опосредованно приводит к открытию шейки матки и постепенному выведению экссудата за счет собственной перистальтики.

В группе 2, где к аглепристону с 1 по 7-е сутки добавляли клопростенол, характер кривой является иным. График демонстрирует более крутой и интенсивный спад в первые 2–4 дня лечения. Такая динамика свидетельствует об ускоренном процессе опорожнения матки, что напрямую связано с утеротоническим эффектом синтетического простагландина. Клопростенол вызывает сильные координированные сокращения миометрия, обеспечивая активную эвакуацию содержимого. Визуально можно предположить, что уже к 4–5-м суткам средняя площадь матки в этой группе становится меньше, чем в группе монотерапии.

К концу периода наблюдения (8-е сутки) кривые обеих групп сближаются, показывая значительное и, по всей видимости, сопоставимое уменьшение размеров органа. Этот результат указывает на то, что, несмотря на разную скорость достижения эффекта, общая способность обеих терапевтических схем индуцировать инволюцию матки к завершению курса лечения является близкой.

Таким образом, обе схемы консервативного лечения эффективны в уменьшении площади матки при открытой пиомере. Комбинированная терапия обеспечивает более быстрый начальный ответ, что может иметь клиническое значение для скорейшего снижения интоксикации. Монотерапия аглепристоном приводит к сопоставимому конечному результату посредством более плавного механизма.

В ходе лечения наблюдалось прогрессирующее снижение васкуляризации эндометрия. Достоверные различия ($p < 0,05$) были зафиксированы между показателями 1-го дня и значений, регистрируемых с 5 по 8-й день терапии, независимо от применённого терапевтического протокола (рис. 2).

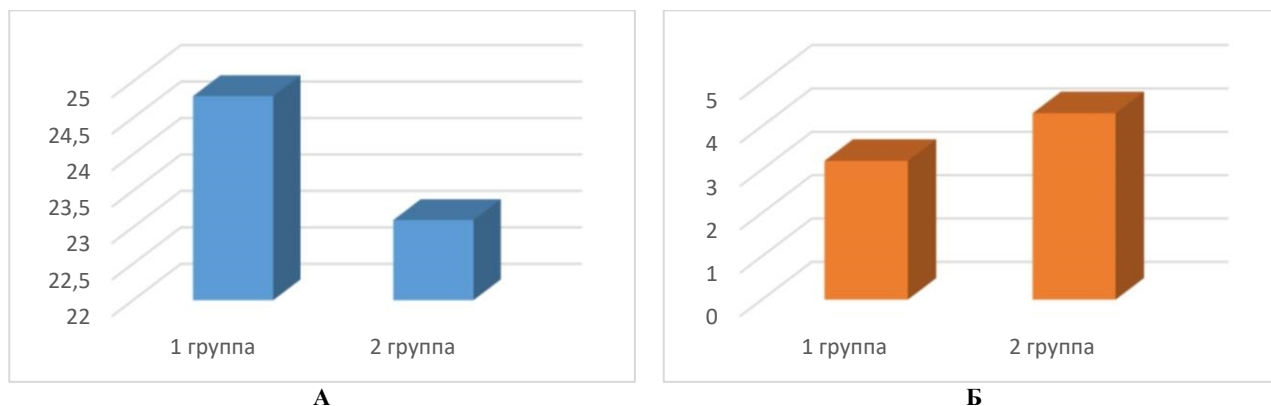


Рис. 2 – Параметры маточной гемодинамики у животных с открытой пиомерой после курса медикаментозной терапии (А – конечная диастолическая скорость кровотока; Б – пиковое соотношение систолической и диастолической скорости)

Проведенный анализ данных ультразвуковой доплерометрии маточных артерий, отображенных на рисунке 2, позволяет сформулировать комплексное заключение о состоянии маточной гемодинамики после курса консервативного лечения открытой пиометры у животных двух экспериментальных групп. Сопоставление показателей конечной диастолической скорости кровотока и пикового соотношения систолической и диастолической скорости выявляет статистически значимые и патогенетически взаимосвязанные различия между группой, получавшей монотерапию антагонистом прогестерона, и группой, где к аналогичной схеме был добавлен синтетический простагландин.

Результаты демонстрируют, что комбинированная терапия приводит к достоверно более выраженному улучшению параметров кровоснабжения матки по сравнению с монотерапией. Это заключение основывается на анализе двух ключевых индексов. Во-первых, значение конечной диастолической скорости кровотока в группе комбинированной терапии является существенно более высоким. Поскольку данный параметр отражает объем кровенаполнения органа в фазу расслабления сердечной мышцы, его повышение прямо указывает на снижение сопротивления в дистальном сосудистом русле. Во-вторых, это объективное свидетельство снижения сосудистого сопротивления подтверждается вторым независимым показателем – пиковым соотношением систолической и диастолической скорости. Для группы, получавшей только аглепристон, характерно повышенное значение этого индекса, что является классическим ультразвуковым признаком высокого периферического сопротивления, обусловленного сохраняющимся отеком, спазмом артериол или другими остаточными явлениями воспаления. Напротив, в группе, где лечение включало клопростенол, зарегистрировано достоверно более низкое соотношение, визуализирующее состояние пониженного сопротивления и улучшенного диастолического кровотока.

Таким образом, полученные гемодинамические профили формируют две различные картины восстановления. Монотерапия, несмотря на свою клиническую эффективность в сокращении объема органа, оказывается недостаточной для полноценной нормализации микроциркуляции, о чем говорит сохранение признаков повышенного сосудистого тонуса. Комбинированный протокол, благодаря фармакологическому действию простагландина, направленному на гладкую мускулатуру сосудов, обеспечивает более глубокий корригирующий эффект, существенно улучшая перфузию тканей матки. Снижение сопротивления и усиление диастолического кровотока создают оптимальные условия для оксигенации, трофики и репаративных процессов в эндометрии. Следовательно, объективные данные доплерографии указывают на то, что добавление клопростенола к терапевтическому протоколу не только ускоряет эвакуацию содержимого матки, но и способствует более полному восстановлению ее сосудистой функции, что может иметь важное значение для профилактики рецидивов и сохранения репродуктивного потенциала.

Анализ данных ультразвуковой доплерометрии, отраженных на гистограммах индекса пульсативности и индекса резистентности (рис. 3), позволяет сформировать комплексное заключение о состоянии маточной гемодинамики после проведенного лечения открытой пиометры. Оба представленных индекса являются взаимодополняющими количественными показателями, оценивающими периферическое сосудистое сопротивление в маточных артериях.

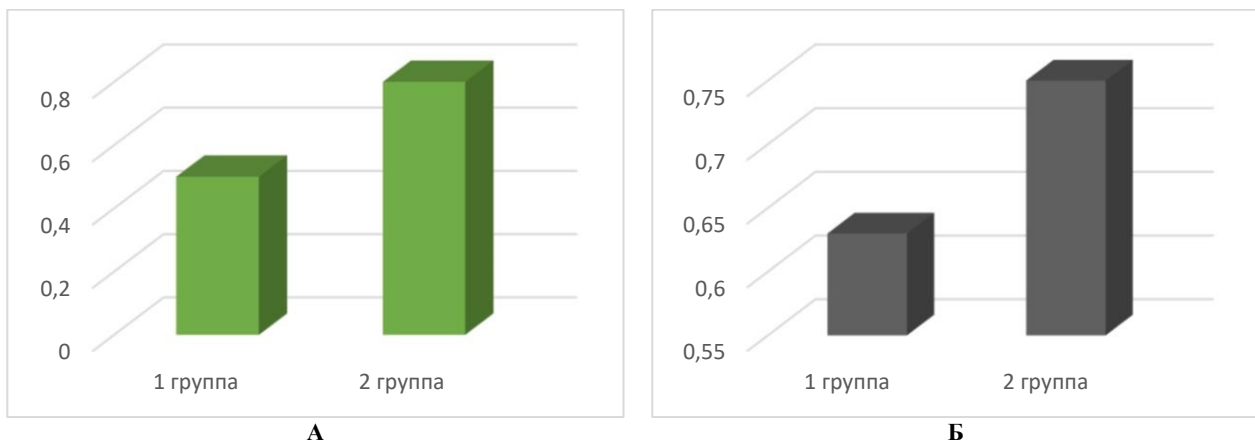


Рис. 3 – Допплерометрические индексы сосудистого сопротивления в маточных артериях у животных после курса лечения открытой пиометры (А – индекса пульсации; Б – индекс резистентности)

Показатели индекса резистентности демонстрируют, что группа 2 характеризуется статистически значимо более высоким его значением по сравнению с группой 1. Поскольку повышенный индекс резистентности является классическим маркером увеличенного сосудистого сопротивления, эти данные указывают на то, что состояние сосудистого русла матки в группе 2 после лечения остается менее благоприятным: диастолический кровоток затруднен, что может ограничивать перфузию тканей и процессы репарации эндометрия. В то же время анализ гистограммы индекса пульсативности, который также отражает степень сопротивления в дистальном артериальном русле, показывает противоположную тенденцию: группа 2 демонстрирует более высокое значение и этого параметра. Обычно такое сочетание – одновременное повышение обоих индексов – действительно подтверждает наличие выраженного повышенного периферического сопротивления.

Таким образом, сами по себе количественные данные убедительно доказывают наличие статистически значимого различия в состоянии сосудистого сопротивления между двумя группами животных.

Заключение. На основании проведенного комплексного исследования, включавшего клиническое наблюдение, ультразвуковую диагностику и оценку гемодинамических параметров, можно заключить, что консервативное лечение открытой пиометры с применением антагониста прогестерона аглепристона является эффективным методом, приводящим к значительному улучшению состояния животных, сокращению размеров матки и купированию системного воспаления. Терапия в обеих исследуемых группах обеспечила выраженный положительный клинический результат, что подтверждается нормализацией температуры тела, частоты дыхания и стабилизацией сердечной деятельности в течение первых суток, а также значительной инволюцией матки к восьмому дню лечения. Однако сравнительный анализ двух терапевтических протоколов выявил существенные различия в динамике процесса и его патофизиологических аспектах. Комбинированная схема, дополненная синтетическим простагландином клопростенолом, характеризуется более быстрым начальным ответом, проявляю-

щимся в интенсивном сокращении площади матки в первые дни лечения, что потенциально позволяет ускорить эвакуацию инфицированного содержимого и снизить интоксикацию. Ключевым выводом, основанным на данных доплерографического исследования, является более благоприятное влияние комбинированной терапии на восстановление маточной гемодинамики. Показатели, отражающие периферическое сосудистое сопротивление, такие как индекс резистентности и индекс пульсативности, наряду с более высокими значениями конечной диастолической скорости, демонстрируют статистически значимо лучшее состояние кровотока в этой группе. Это свидетельствует о более полной регрессии воспалительного отека, снижении тонуса маточных артерий и, как следствие, о создании оптимальных условий для перфузии и репарации эндометрия.

Таким образом, несмотря на то что монотерапия аглепристоном обеспечивает плавную динамику и сопоставимый конечный морфометрический результат, комбинированный протокол демонстрирует дополнительные преимущества, заключающиеся в ускоренной эвакуации экссудата и, что наиболее важно, в более эффективном восстановлении микроциркуляции и сосудистой функции органа. Полученные данные позволяют рекомендовать схему с включением клопростенола в качестве предпочтительного варианта медикаментозного лечения открытой пиометры у животных, особенно в случаях, требующих быстрого купирования интоксикации и при наличии оснований для сохранения репродуктивного потенциала.

Библиография

1. Данилкина О.П., Счисленко С.А., Строганова И.Я. Этиология, патогенез и терапия при пиометре у собак // Вестник КрасГАУ. 2023. № 7(196). С. 117–124.
2. Иванюк В.П., Лаптев С.В., Бокарева О.П. Патогенез и комплексная терапия пиометры у собак // Ветеринария. 2025. № 5. С. 41–45.
3. Клинико-лабораторные проявления и ультразвуковая диагностика пиометры у собак / Е. К. Салагаева, Г. П. Дюльгер, С. В. Акчурин, И. В. Акчурина // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. № 5. С. 101–115.
4. Пигарева Г.П. Распространение эндометрита и пиометры у собак в условиях города Задонск Липецкой области // Иппология и ветеринария. 2020. № 1(35). С. 127–130.
5. Раднаева Г.С., Томитова Е.А., Цыбыкжапов А.Д. Ультразвуковая диагностика патологий матки у сук // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2022. № 3(68). С. 62–67.
6. Распространение и факторы риска развития комплекса кистозной эндометриальной гиперплазии-пиометры у собак / М.Т. Атамов, Н.А. Пудовкин, С.В. Савина, Т.М. Прохорова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2025. № 9. С. 113–119.
7. Распространение, факторы риска, патофизиология и современные аспекты терапии пиометры у собак / Г. П. Дюльгер, Ю. Г. Сибилева, П. Г. Дюльгер [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 88–105.
8. Савойская С.Л., Агафонова А.Д., Кожевникова Т.Н. Клиническая эффективность Гамавита в комплексной терапии собак после овариогистерэктомии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4(84). С. 224–227.
9. Салагаева Е.К., Дюльгер Г.П. Клинико-эпидемиологическая характеристика больных пиометрой собак // Вестник КрасГАУ. 2025. № 2(215). С. 77–83.
10. Чекрышева В.В., Андрос Н.О. Анализ породной и возрастной предрасположенности собак к эндометриту в городе Новочеркасск // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4(64). С. 209–215.

References

1. Danilkina O.P., Schischenko S.A., Stroganova I.Ya. Etiologiya, patogenez i terapiya pri piometre u sobak [Etiology, pathogenesis and therapy for pyometra in dogs] // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]. 2023. № 7(196). Pp. 117–124.
2. Ivanuk V.P., Laptev S.V., Bokareva O.P. Patogenez i kompleksnaya terapiya piometry u sobak [Pathogenesis and complex therapy of pyometra in dogs] // Veterinariya [Veterinary Medicine]. 2025. № 5. Pp. 41–45.
3. Kliniko-laboratornye proyavleniya i ul'trazvukovaya diagnostika piometry u sobak [Clinical and laboratory manifestations and ultrasound diagnostics of pyometra in dogs] / E. K. Salagaeva, G. P. Dyl'ger, S. V. Akchurin, I. V. Akchurina // Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy]. 2024. № 5. Pp. 101–115.
4. Pigareva G.P. Rasprostranenie endometrita i piometry u sobak v usloviyakh goroda Zadonsk Lipetskoi oblasti [The spread of endometritis and pyometra in dogs in the city of Zadonsk, Lipetsk region] // Ippologiya i veterinariya [Hippology and Veterinary Medicine]. 2020. № 1(35). Pp. 127–130.
5. Radnaeva G.S., Tomitova E.A., Tsybikzhapov A.D. Ul'trazvukovaya diagnostika patologii matki u suk [Ultrasound diagnostics of uterine pathologies in bitches] // Vestnik Buryatskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii im. V.R. Filippova [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov]. 2022. № 3(68). Pp. 62–67.
6. Rasprostranenie i faktory riska razvitiya kompleksa kistoznoi endometrial'noi giperplazii-piometry u sobak [Prevalence and risk factors for the development of cystic endometrial hyperplasia-pyometra complex in dogs] / M. T. Atamov, N. A. Pudovkin, S. V. Savina, T. M. Prokhorova // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy]. 2025. № 9. Pp. 113–119.
7. Rasprostranenie, faktory riska, patofiziologiya i sovremennye aspekty terapii piometry u sobak [Prevalence, risk factors, pathophysiology and modern aspects of pyometra therapy in dogs] / G. P. Dyl'ger, Yu. G. Sibileva, P. G. Dyl'ger [et al.] // Izvestiya Timiryazevskoi sel'skokhozyaistvennoi akademii [Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy]. 2019. № 2. Pp. 88–105.
8. Savoyskaya S.L., Agafonova A.D., Kozhevnikova T.N. Klinicheskaya effektivnost' Gamavita v kompleksnoi terapii sobak posle ovariohisterektomii [Clinical efficacy of Gamavit in the complex therapy of dogs after ovariogysterectomy] // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Orenburg State Agrarian University]. 2020. № 4(84). Pp. 224–227.
9. Salagaeva E.K., Dyl'ger G.P. Kliniko-epidemiologicheskaya kharakteristika bol'nykh piometroi sobak [Clinical and epidemiological characteristics of dogs with pyometra] // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]. 2025. № 2(215). Pp. 77–83.
10. Chekrysheva V.V., Andros N.O. Analiz porodnoi i vozrastnoi predraspolozhennosti sobak k endometritu v gorode Novocherkassk [Analysis of breed and age predisposition of dogs to endometritis in the city of Novocherkassk] // Izvestiya Nizhnevzh-

skogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Bulletin of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education]. 2021. № 4(64). Pp. 209–215.

Сведения об авторах

Атамов Мухаммадхон Тураевич, аспирант кафедры «Морфология, патология животных и биология», ФГБОУ ВО Вавиловский университет, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3., г. Саратов, Россия, 410012, тел. 8-8452-69-25-31, e-mail: atamov02@bk.ru;

Пудовкин Николай Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Морфология, патология животных и биология», ФГБОУ ВО Вавиловский университет, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3., г. Саратов, Россия, 410012, тел. 8-8452-69-25-31, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru;

Салаутин Владимир Васильевич, доктор ветеринарных наук, профессор, профессор кафедры «Морфология, патология животных и биология», ФГБОУ ВО Вавиловский университет, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3., г. Саратов, Россия, 410012, тел. 8-8452-69-25-31, e-mail: salautin60@mail.ru.

Information about authors

Atamov Muhammadkhon T., postgraduate student, Department of Morphology, Animal Pathology and Biology, Vavilov University, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, Saratov, Russia, 410012, tel. 8-8452-69-25-31, e-mail: atamov02@bk.ru;

Pudovkin Nikolay A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology, Vavilov University, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, Saratov, Russia, 410012, tel. 8-8452-69-25-31, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru;

Salautin Vladimir V., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology, Vavilov University, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, Saratov, Russia, 410012, tel. 8-8452-69-25-31, e-mail: salautin60@mail.ru.

УДК 616.636:616.3:65.31:546.214

Е.В. Веденина, Е.Е. Малиновская, Л.В. Клетикова

ОЗОНОТЕРАПИЯ В КОМПЛЕКСЕ ЛЕЧЕБНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ЛИМФОЦИТАРНО-ПЛАЗМОЦИТАРНОМ ГИНГИВОСТОМАТИТЕ У КОШКИ

Аннотация. Первыми признаками поражения слизистой оболочки ротовой полости у мелких домашних животных являются изменения поведения, гипо- или анорексия, болезненность при незначительной нагрузке на зубную аркаду, отек и гиперемия слизистой оболочки, неприятный запах изо рта. После проведения комплекса клинических и лабораторных диагностических мероприятий шестилетней кошке породы мен-кун был поставлен диагноз «лимфоцитарно-плазмоцитарный гингивостоматит». Кошке проведена санация ротовой полости ультразвуковым скайлером с последующей тотальной экстракцией зубов, завершившейся альвеопластикой и наложением рассасывающихся швов согласно рекомендациям и инъецированием озонкислородной смеси в концентрации 5 мг/л. Животному назначены комплексная терапия с применением антибактериальных и нестероидных противовоспалительных препаратов и обработка ротовой полости озонированным маслом в концентрации 20 мг/л два раза в день. В течение первых суток у кошки отмечен отказ от корма, повышенная саливация, болезненное глотание, гиперемия слизистых оболочек ротовой полости, кровоточивость десен, налет на спинке языка. На вторые сутки симптомы менее выражены: отечность слизистой оболочки и языка, незначительное слюнотечение. На четвертые сутки – легкая эритема слизистой оболочки ротовой полости и незначительный отек языка, аппетит сохранен, вокализация отсутствует, подчелюстные лимфатические узлы не увеличены. Во время контрольного осмотра у кошки отсутствуют болезненность слизистой оболочки рта, галитоз, дисфагия и глоссит. Кошка активна, выражены аппетит и увеличение массы тела. Клинический анализ крови соответствует референсным величинам. Следовательно, лечение лимфоцитарно-плазмоцитарного гингивостоматита у кошки с тотальной экстракцией зубов и включением озонированного масла в комплексную терапию является эффективным и безопасным.

Ключевые слова: кошка, гингивостоматит, комплексное лечение, озонотерапия.

OZONE THERAPY AS PART OF A TREATMENT PACKAGE FOR LYMPHOCYTIC-PLASMACYTIC GINGIVOSTOMATITIS IN CATS

Abstract. The first signs of oral mucosal lesions in small pets include behavioral changes, hypo- or anorexia, pain with slight pressure on the dental arcade, swelling and hyperemia of the mucosa, and bad breath. Following a series of clinical and laboratory diagnostic tests, a six-year-old Maine Coon cat was diagnosed with lymphocytic-plasmacytic gingivostomatitis. The cat underwent oral sanitation with an ultrasonic scaler, followed by total tooth extraction, alveoplasty, and the placement of absorbable sutures according to recommendations. The cat also received ozone-oxygen injections at a concentration of 5 mg/L. The animal was prescribed combination therapy with antibacterial and nonsteroidal anti-inflammatory drugs and oral ozonation with 20 mg/L ozonated oil twice daily. During the first day, the cat showed a refusal to eat, increased salivation, painful swallowing, hyperemia of the oral mucosa, bleeding gums, and a coating on the dorsum of the tongue. On the second day, symptoms were less pronounced: swelling of the mucosa and tongue, and slight salivation. On the fourth day, mild erythema of the oral mucosa and slight swelling of the tongue were observed. Appetite was preserved, vocalization was absent, and the submandibular lymph nodes were not enlarged. During a follow-up examination, the cat showed no pain in the oral mucosa, halitosis, dysphagia, or glossitis. The cat was active, had a significant appetite, and weight gain was observed. A complete blood count was within reference ranges. Therefore, treatment of lymphocytic-plasmacytic gingivostomatitis in cats with total tooth extraction and the inclusion of ozonated oil in the complex therapy is effective and safe.

Keywords: cat, gingivostomatitis, complex treatment, ozone therapy.

Введение. Слизистая оболочка ротовой полости приспособлена к постоянному контакту с раздражающими факторами, что обуславливает ее высокую устойчивость к различным воздействиям. Морфологически органы ротовой полости тесно связаны со всеми органами и системами организма. С одной стороны, это создает мощный барьер на пути проникновения в организм различных инфекционных агентов и их токсинов, с другой – при ослаблении этого барьера или при его преодолении колониальной оральной микрофлорой для нее открывается короткий и одновременно прямой путь во все органы и ткани [1]. Заболевания ротовой полости у мелких домашних животных довольно широко распространены. Патологический процесс, развиваясь на фоне нарушения обменных процессов или травм, может поражать поверхностные и глубокие слои слизистой оболочки, десен, связочного аппарата, и, как правило, приводит к снижению резистентности организма. Заболевания ротовой полости (стоматиты, глосситы, гингивиты, пародонтиты и др.) служат симптомами ряда инфекционных и неинфекционных болезней, таких как калицивироз, ринотрахеит, лейкоз, новообразования в ротовой полости, хронические патологии желудочно-кишечного тракта, кожи, суставов, органов выделительной и дыхательной систем и даже сердца [2, 3].

В последнее время заболевания ротовой полости у собак и кошек встречаются чаще. Заболевания могут появляться по разным причинам, например, из-за неправильной или недостаточной гигиены, несбалансированного питания, породной предрасположенности [4].

Первыми признаками воспаления слизистой оболочки ротовой полости у собак и кошек обычно является отказ от корма или неохотное поедание привычного рациона. Животные испытывают боль при самой минимальной нагрузке на зубную аркаду, механическом воздействии на слизистую оболочку ротовой полости [5].

Ранее учеными было установлено, что процентное соотношение различных болезней органов ротовой полости среди собак и кошек в значительной степени варьирует [6]. Так, из всех исследуемых болезней у собак наиболее часто выявлены одонтогенные образования (62,4 %), из которых на зубной налет приходится 27,6 %, на зубной камень – 34,8 % случаев. По данным автора, у исследуемой популяции пародонтоз был зарегистрирован в 21,5 % случаев, гингивит – в 7, диспозиция зубов – в 2,5, атрофия альвеолярных отростков – в 1,4 %, различные новообразования органов полости рта не превышали 0,6 %, кариес – 0,3, механические травмы зубочелюстного аппарата – 0,3, эрозия эмали – 0,2 % [7]. В то время как у кошек

наиболее часто регистрировались стоматиты – 42–47 %, гингивиты – 26–29, отложение зубного камня – 11–13, кариес – 7–10, пародонтоз – 5–6 % [8].

Таким образом, пародонтит и стоматит у мелких домашних животных являются наиболее распространёнными заболеваниями полости рта, вызывающими не только боль и воспаление, но и потерю зубов.

В зависимости от патологического процесса для лечения заболеваний полости рта применяют антисептики, антибиотики, иммуномодуляторы и другие лекарственные средства. Широта спектра применяемых антибиотиков опасна тем, что в последние годы обострилась проблема антибиотикорезистентности.

Перспективным альтернативным методом, обладающим антимикробным, противовоспалительным и обезболивающим действием, является озонотерапия. Озон – аллотропная модификация кислорода, состоящая из трёх атомов кислорода, способная существовать во всех трех агрегатных состояниях. Механизм антибактериального действия озона заключается в избирательном воздействии одноатомного кислорода на клеточную мембрану бактерий, приводящем к ее разрушению и гибели микроорганизма [9, 10, 11]. Благодаря сильным окислительным свойствам озон разрушает белковую оболочку бактерий и окисляет продукты их жизнедеятельности [12]. Озонотерапия оказывает влияние на биохимические, физиологические и фармакологические процессы, обеспечивающие четкое обоснование терапевтического эффекта и предотвращающие вредные последствия [13]. Озон активирует иммунитет, снижает воспаление и улучшает кислородное обеспечение тканей, что способствует регенерации [14]. Востребованность озонидосодержащих препаратов на медицинском рынке позиционируется их мощным бактерицидным действием, антиоксидантными свойствами, способностью улучшать микроциркуляцию крови, стимулировать регенераторный потенциал клетки путем интенсификации процессов аэробного метаболизма [15].

Цель настоящего исследования заключалась в оценке эффективности озонотерапии в комплексе лечения лимфоцитарно-плазмоцитарного гингивостоматита у кошек.

Материал и методы исследования. Платформой для проведения исследования послужила ветеринарная клиника «Вет-Мастер» (г. Вичуга, Ивановская область).

Из анамнестических данных известно, что у шестилетней кошки по кличке Кира породы мейн-кун преобладала гиперсаливация, болезненность при приеме корма, гипорексия, девиация, вокализация, снижение качества жизни, потеря массы тела. В течение предыдущих пяти лет животное наблюдалось в сторонней клинике и получало медикаментозное лечение, в основном обезболивающие и антимикробные препараты.

При клиническом осмотре установлены выраженный галитоз, чихание, попытки достать лапой что-то из пасти, гиперемия и отек слизистой оболочки ротовой полости (альвеолярного края и каудальной области ротовой полости); наличие зубного налета, выраженная болезненность, незначительная асимметрия морды. Пальпацией диагностировано увеличение нижнечелюстных лимфатических узлов.

Наши данные согласовывались с результатами, представленными в работах ученых и практиков, и позволили поставить диагноз – гингивостоматит [16, 17, 18, 19, 20].

В общеклиническом анализе крови у кошки выражена нейтрофилия, незначительный лимфоцитоз и эозинофилия.

Для уточнения диагноза проведено цитологическое исследование, где в мазках-отпечатках из пораженных участков слизистой оболочки ротовой полости выявлено преобладание нейтрофилов, эозинофилов, а также лимфоцитов, плазмочитов и кокков.

На основании полученных данных был поставлен окончательный диагноз – лимфоцитарно-плазмоцитарный гингивостоматит. Владельцу предложено комплексное лечение с экстракцией зубов и последующим применением озонотерапии.

Результаты исследования. Животному с установленным диагнозом провели санацию ротовой полости ультразвуковым скайлером (Woodpecker UD-E LED, Китай) с использованием озонированной дистиллированной воды с концентрацией озона 15 мг/л (рис. 1).

После санации ротовой полости провели внутриворотную рентгенографию, полное удаление зубов на ветвях верхней и нижней челюсти, антисептическую и механическую очистку после удаления зубов, сопроводив коррекцией мягких тканей и наложением рассасывающихся швов по рекомендуемым стоматологическим методикам, ранее описанным специалистами [21].

После манипуляции инъецировали озонокислородную смесь концентрацией озона 5 мг/л. Озонокислородную смесь получили при помощи синтезатора озона ЛЕПСЕ А-с-ГОКСФ-5-04-ОЗОН и концентратора кислорода Армед 3L.

Пациенту назначили терапию в течение 14 дней амоксициллином с клавулановой кислотой в дозе 12,5 мг/кг массы тела 2 раза в день. Из нестероидных противовоспалительных средств в течение 6 дней применяли всемелкам в дозе 0,2 мг/кг массы тела 1 раз в день, кроме того, после туалета ротовой полости в течение 14 дней проводили обработку слизистой оболочки ротовой полости озонированным оливковым маслом (5 мл на одну обработку) в концентрации 20 мг/л два раза в день. Озонированное масло получено непосредственно в клинике путем барботирования. Пациенту рекомендованы мягкие корма, замена мисок для кормления на более комфортные для кошки.

Оценку состояния пациента проводили на вторые и четвертые сутки после удаления зубов (рис. 1). Контроль за состоянием пациента осуществляли на 21-й день после удаления зубов (рис. 2).

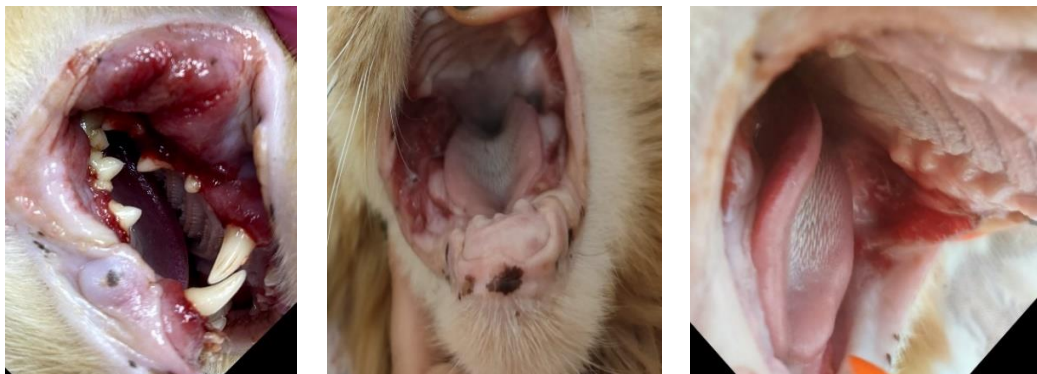


Рис. 1 – Состояние слизистой оболочки ротовой полости у кошки: слева – после санации, по центру – на 2-е сутки после лечения, справа – на 4-е сутки после лечения

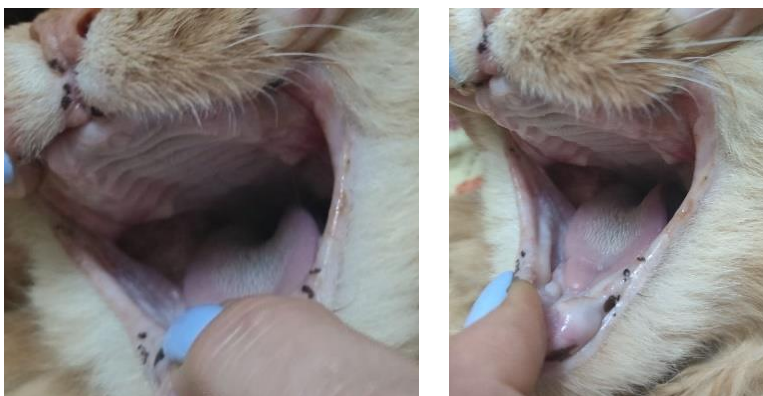


Рис. 2 – Состояние слизистой оболочки ротовой полости у кошки на 21-й день после лечения

Динамику симптомов гингивостоматита у кошки оценивали по методике Макаровой Л. В. и Егоровой М. С. [22] (таблица 1). Так, в первый день после выполнения манипуляций отмечен отказ от корма. У кошки неприятный запах из ротовой полости, обильное истечение пенистой слюны, болезненное глотание, выраженное покраснение слизистых оболочек ротовой полости, десен, грубый сероватый налет на спинке языка, воспаление и отек языка, умеренная кровоточивость десен.

Таблица 1 – Динамика изменения клинических признаков у животного

Симптом	1 день лечения	2 день лечения	4 день лечения	21 день лечения
галитоз	+	-	-	-
анорексия	+	-	-	-
гиперсаливация	+++	+	-	-
дисфагия	+	-	-	-
каудальный стоматит	+++	++	+	-
гингивит	+++	-	-	-
глоссит	+++	++	+	-
кровоточивость десен	++	+	-	-

На вторые сутки после проведенной терапии с применением озонированного масла отмечена отечность слизистой оболочки и языка, затрудняющие глотание, незначительное слюнотечение и беловатый налет на спинке языка. На четвертые сутки отмечалась легкая эритема слизистой оболочки ротовой полости и незначительный отек языка. Кошка охотно принимала воду и влажный диетический, не травмирующий слизистую оболочку рта, корм. Подчелюстные лимфатические узлы не пальпировались. Владельцу рекомендовано продолжить лечение.

Во время контрольной явки на 21-й день у кошки симптомы галитоза, гиперсаливации, дисфагии, глоссита не выявлены. Кошка охотно принимает сухой полнорационный корм, пьет воду, активна, вокализация в ответ на прикосновение к морде отсутствует. В общеклиническом анализе крови изменения отсутствуют.

Заключение. В результате проведенных комплексных лечебных мероприятий с применением озонотерапии в качестве дополнительного метода отмечено улучшение состояния слизистой оболочки ротовой полости уже на вторые сутки. На четвертые сутки после проведения лечебных мероприятий у кошки отмечалось полное восстановление аппетита и незначительная гиперемия слизистой оболочки ротовой полости. На 21-й день после проведения тотальной экстракции зубов и активной комплексной терапии изменений со стороны слизистой оболочки ротовой полости не установлено. Кошка охотно поедала корм, масса тела увеличилась, девиации отсутствовали.

Таким образом, лечение лимфоцитарно-плазмоцитарного гингивостоматита у кошек с тотальной экстракцией зубов и включением озонированного масла в комплексную терапию является эффективным и безопасным.

Библиография

1. Фролов В.В., Егунова А.В. Комплексный анализ заболеваний пародонта у собак // Российский ветеринарный журнал. 2017. № 2. С. 36–41.
2. Кочерга М.Н., Ленков И.И. Применение инъекционной формы препарата «Форвет®» в блокадах ветвей V и VII нервов головы при лечении стоматитов, гингивитов и пародонтитов различной этиологии // Российский ветеринарный журнал. 2019. № 7. С. 19–24.
3. Красников А.В., Морозова Д.Д. Стоматологические болезни у домашних животных в г. Саратове // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2014. Том 217. № 1. С. 127–131.
4. Веденина Е.В., Малиновская Е.Е., Клетикова Л.В. К вопросу о заболеваниях ротовой полости у кошек // Промышленность и сельское хозяйство. 2026. № 1. С. 61–65.
5. Распространенность инфекционных гингивитов и парадонтитов у домашних животных / В. В. Кротенко [и др.]. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 8. С. 188–191.
6. Сото Х. Атлас стоматологических патологий мелких домашних и экзотических животных. Москва : Аквариум-Принт, 2021. 500 с.
7. Фролов В.В. Распространение болезней органов полости рта у собак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2008. № 3. С. 78–81.

8. Кривенкова Е.В., Берсенева С.А., Проскурина Л.И. Распространенность болезней ротовой полости у кошек // Вестник КрасГЯУ. 2021. № 7. С. 128–134.
9. Масленников О.В., Конторщикова К.Н., Клейман Т.А. Руководство по озонотерапии. 5-е издание. Москва, 2023. 37 с.
10. Методы системного применения озона в медицинской практике. Методическое руководство / В. Н. Серов [и др.] // Москва – Нижний Новгород, 2022. 67 с.
11. Конторщикова К.Н. Биохимические аспекты эффективности озонотерапии // Материалы российской научно-практической конференции по реабилитации и озонотерапии «Симбиоз науки, практики и бизнеса», г. Москва, 08-09 июня, 2024 г. Москва, 2024. № 3. С. 4.
12. Макеева И.М., Парамонов Ю.О. Оценка клинической эффективности применения газообразного озона при лечении кариеса в стадии белого пятна // Российский стоматологический журнал. 2016. № 20(3). С. 131–136.
13. Современный взгляд на применение озона в терапевтической стоматологии / И. В. Старикова [и др.] // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2024. Том. 21, № 4. С. 3–8.
14. Веденина Е.В. Применение озона в ветеринарной практике: метод дополнительного лечения кошек и собак в ветеринарной клинике «Вет-мастер», г. Вичуга Ивановской области // Промышленность и сельское хозяйство. 2025. № 7. С. 60–63.
15. Химические свойства, биологическая активность и биодоступность озонированного масла / С. П. Перетягин [и др.] // Казанский медицинский журнал. 2007. № 88(4). С. 101–102.
16. Спирина А.С. Гингивит кошек – болезнь легче предупредить // VetPharma. 2011. № 3–4. С. 100–101.
17. Шубин В. Лимфоплазмочитарный стоматит кошек // Ветеринарная клиника доктора Шубина. URL: <https://balakovo-vet.ru/content/limfoplazmacitarnyy-stomatit-koshek> (дата обращения 06.02.2026).
18. Гингивостоматит кошек или зачем удалять все зубы кошке // Чеширский кот. Ветеринарная клиника. URL: <https://vetkot.ru/articles/gingivostomatit-koshek-ili-zacem-udalyat-vse-zuby-koske> (дата обращения 11.02.2026).
19. Лимфоцитарно-плазмочитарный стоматит-гингивит у кошек // Ветеринарная клиника «Журавлик». URL: <https://abvet.by/limfocitarno-plazmocitarnyy-stomatit-gingivit-u-koshek/> (дата обращения 04.02.2026).
20. Стоматология у кошек. Заболевания полости рта кошки // Ветеринарная клиника Астин. URL: <https://vetastin.ru/o-sobakax-i-koshkax/stomatologiya-u-koshek> (дата обращения 04.02.2026)
21. Кадырова Т.А. Современный взгляд на хронический гингивостоматит кошек // Журнал «Ветеринарный Петербург». URL: <https://spbvet.info/zhurnaly/2025/sovremennyy-vzglyad-na-khronicheskiy-gingivostomatit-koshek/> (дата обращения 27.01.2026).
22. Макарова Л.В., Егорова М.С. Оценка влияния препаратов форвет® на сроки ремиссии при лечении хронического гингивостоматита кошек // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2023. № 2(58). С. 1–4.

References

1. Frolov V.V., Egunova A.V. Kompleksny`j analiz zabolevanij parodonta u sobak // Rossijskij veterinarny`j zhurnal. 2017. № 2. S. 36–41.
2. Kocherga M.N., Len`kov I.I. Primenenie in`ekcionnoj formy` preparata «Forvet®» v blokadax vetvej V i VII nervov golovy` pri lechenii stomatitov, gingivitov i parodontitov razlichnoj e`tologii // Rossijskij veterinarny`j zhurnal. 2019. № 7. S. 19–24.
3. Krasnikov A.V., Morozova D.D. Stomatologicheskie bolezni u domashnix zhivotny`x v g. Saratove // Ucheny`e zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny` im. N. E`. Baumana. 2014. Tom 217. № 1. S. 127–131.
4. Vedennina E.V., Malinovskaya E.E., Kletikova L.V. K voprosu o zabolevaniyax rotovoj polosti u koshek // Promy`shlennost` i sel`skoe xozyajstvo. 2026. № 1. S. 61–65.
5. Rasprostranennost` infekcionny`x gingivitov i parodontitov u domashnix zhivotny`x / V. V. Krotenko [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel`skoxozyajstvennoj akademii. 2015. № 8. S. 188–191.
6. Soto X. Atlas stomatologicheskix patologij melkix domashnix i e`kzoticheskix zhivotny`x. Moskva : Akvarium-Print, 2021. 500 s.
7. Frolov V.V. Rasprostranenie boleznej organov polosti rta u sobak // Vestnik Rossijskogo universiteta družby` narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. 2008. № 3. S. 78–81.
8. Krivenkova E.V., Berseneva S.A., Proskurina L.I. Rasprostranennost` boleznej rotovoj polosti u koshek // Vestnik KrasGYaU. 2021. № 7. S. 128–134.
9. Maslennikov O.V., Kontorshhikova K.N., Klejman T.A. Rukovodstvo po ozonoterapii. 5-e izdanie. Moskva, 2023. 37 s.
10. Metody` sistemnogo primeneniya ozona v medicinskoj praktike. Metodicheskoe rukovodstvo / V. N. Serov [i dr.] // Moskva – Nizhnij Novgorod, 2022. 67 s.
11. Kontorshhikova K. N. Bioximicheskie aspekty` e`ffektivnosti ozonoterapii // Materialy` rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii po reabilitacii i ozonoterapii «Simbioz nauki, praktiki i biznesa», g. Moskva, 08-09 iyunya, 2024 g. Moskva, 2024. № 3. S. 4.
12. Makeeva I.M., Paramonov Yu.O. Ocenka klinicheskoy e`ffektivnosti primeneniya gazoobraznogo ozona pri lechenii kariiesa v stadii belogo pyatna // Rossijskij stomatologicheskij zhurnal. 2016. № 20(3). S. 131–136.
13. Sovremenny`j vzglyad na primenenie ozona v terapevticheskoy stomatologii / I. V. Starikova [i dr.] // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. 2024. Tom. 21, № 4. S. 3–8.
14. Vedennina E.V. Primenenie ozona v veterinarnoj praktike: metod dopolnitel`nogo lecheniya koshek i sobak v veterinarnoj klinike «Vet-master», g. Vichuga Ivanovskoj oblasti // Promy`shlennost` i sel`skoe xozyajstvo. 2025. № 7. S. 60–63.
15. Ximicheskie svoystva, biologicheskaya aktivnost` i biodostupnost` ozonirovannogo masla / S. P. Peretyagin [i dr.] // Kazanskij medicinskij zhurnal. 2007. № 88(4). S. 101–102.
16. Spirina A.S. Gingivit koshek – bolezn` legche predupredit` // VetPharma. 2011. № 3–4. S. 100–101.
17. Shubin V. Limfoplazmocitarny`j stomatit koshek // Veterinarnaya klinika doktora Shubina. URL: <https://balakovo-vet.ru/content/limfoplazmacitarnyy-stomatit-koshek> (data obrashheniya 06.02.2026).
18. Gingivostomatit koshek ili zacem udalyat` vse zuby` koke // Cheshirskij kot. Veterinarnaya klinika. URL: <https://vetkot.ru/articles/gingivostomatit-koshek-ili-zacem-udalyat-vse-zuby-koske> (data obrashheniya 11.02.2026).

19. Limfocitarno-plazmocitarny`j stomatit-gingivit u koshek // Veterinarnaya klinika «Zhuravlik». URL: <https://abvet.by/limfocitarno-plazmocitarnyj-stomatit-gingivit-u-koshek/> (data obrashheniya 04.02.2026).

20. Stomatologiya u koshek. Zabolevaniya polosti rta koski // Veterinarnaya klinika Astin. URL: <https://vetastin.ru/o-sobakax-i-koshkax/stomatologiya-u-koshek> (data obrashheniya 04.02.2026).

21. Kady`rova T.A. Sovremenny`j vzglyad na khronicheskij gingivostomatit koshek // Zhurnal «Veterinarny`j Peterburg». URL: <https://spbvet.info/zhurnaly/2025/sovremenny-vzglyad-na-khronicheskij-gingivostomatit-koshek/> (data obrashheniya 27.01.2026).

22. Makarova L.V., Egorova M.S. Ocenka vliyaniya preparatov forvet® na sroki remissii pri lechenii khronicheskogo gingivostomatita koshek // Aktual`ny`e voprosy` veterinarnoj biologii. 2023. № 2(58). S. 1–4.

Сведения об авторах

Веденина Екатерина Вадимовна, главный врач клиники «Вет-Мастер», г. Вичуга, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Малиновская Екатерина Евгеньевна, кандидат ветеринарных наук, ректор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Клетикова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор центра клинических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru.

Information about authors

Vedenina Ekaterina V., Chief Physician of the Vet-Master Clinic in Vichuga; Postgraduate Student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, phone: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Malinovskaya Ekaterina E., PhD (Veterinary Sciences), Rector, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, phone: +7 (4932) 32-81-44, email: rektorat@ivgsha.ru;

Kletikova Lyudmila V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Center for Clinical Disciplines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, phone: +7 (4932) 32-81-44, email: rektorat@ivgsha.ru.

УДК 619.614.4

*Д.В. Воробьев, Н.И. Захаркина, Н.А. Пудовкин, А.Р. Маркова***РОЛЬ КОМПЛЕКСА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕГУЛЯЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕТАБОЛИЗМА И БИОСИНТЕЗА В ПРОЦЕССЕ ЭМБРИОГЕНЕЗА ПЕСТРОГО ТОЛСТОЛОБИКА**

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по изучению комплекса микроэлементов в регуляции энергетического метаболизма и биосинтеза в процессе эмбриогенеза пестрого толстолобика. Исследования проводили в 2024–2025 гг. на базе ООО ПКФ «Рыбопитомник Чаганский», расположенного на территории с. Чаган Камызякского района Астраханской области. Были проведены пять серий экспериментов с инкубирующей икрой пестрого толстолобика. Для каждой серии икра отбиралась от одной самки, оплодотворялась спермой трех самцов и делилась на две равные части, одна из которых служила контролем. Для исследования мы применяли комплекс микроэлементов (цинк, марганец, железо) в первые 40 мин инкубации икры в дозе 0,05 мг/л каждого элемента. Установлено, что применение комплекса микроэлементов оказывает выраженное положительное влияние на эмбриогенез пестрого толстолобика, что проявляется на морфологическом, биохимическом и метаболическом уровнях. Установлено, что микроэлементы стимулируют синтез нуклеиновых кислот, начиная со стадии гастролы, обеспечивая усиленную транскрипцию и репликацию в периоды активной дифференцировки и органогенеза. Одновременно происходит глубокая оптимизация энергетического метаболизма, характеризующаяся значительной активацией ключевых ферментов: лактатдегидрогеназы (до 2 раз к контролю) и, особенно, малатдегидрогеназы (до 2,2 раза к контролю) на критических стадиях развития. Это свидетельствует о мощной интенсификации как анаэробного, так и аэробного пути ресинтеза АТФ, что полностью удовлетворяет повышенные энергетические запросы эмбриона. Метаболические изменения затрагивают и липидный обмен. Наблюдается более интенсивное использование общих липидов в качестве энергетического субстрата при одновременном сохранении и даже увеличении абсолютного пула структурных фосфолипидов к моменту выклева, что указывает на поддержание целостности клеточных мембран, что приводит к успешному прохождению критических периодов эмбриогенеза, снижению эмбриональной смертности и, в конечном итоге, к получению большего количества более крупных и жизнеспособных личинок.

Ключевые слова: пестрый толстолобик, эмбриогенез, микроэлементы, биохимические показатели, энергетический метаболизм, нуклеиновые кислоты, выживаемость личинок, аквакультура.

THE ROLE OF A MICROELEMENT COMPLEX IN THE REGULATION OF ENERGY METABOLISM AND BIOSYNTHESIS DURING BIGGY CARPOI EMBRYOGENESIS

Abstract. This article presents the results of a study examining the role of microelements in the regulation of energy metabolism and biosynthesis during bighead carp embryogenesis. The study was conducted in 2024–2025 at the Chagansky Fish Farm, located in the Kamzyyak District, Astrakhan Region, in the village of Chagan. Five series of experiments were conducted with hatching bighead carp eggs. For each series, eggs were collected from one female, fertilized with sperm from three males, and divided into two equal portions, one of which served as a control. For the study, we administered a microelement complex (zinc, manganese, and iron) during the first 40 minutes of egg incubation at a dose of 0.05 mg/L of each element. It has been established that the use of a micronutrient complex has a pronounced positive effect on bighead carp embryogenesis, manifested at the morphophysiological, biochemical, and metabolic levels. Micronutrients stimulate nucleic acid synthesis, beginning at the gastrula stage, ensuring enhanced transcription and replication during periods of active differentiation and organogenesis. Concurrently, profound optimization of energy metabolism occurs, characterized by significant activation of key enzymes: lactate dehydrogenase (up to 2 times the control level) and, especially, malate dehydrogenase (up to 2.2 times the control level) at critical stages of development. This indicates a powerful intensification of both anaerobic and aerobic ATP resynthesis pathways, which fully satisfies the embryo's increased energy requirements. Metabolic changes also affect lipid metabolism. A more intensive use of total lipids as an energy substrate is observed, while the absolute pool of structural phospholipids is maintained and even increased at the time of hatching, indicating the maintenance of cell membrane integrity, which leads to successful passage through critical periods of embryogenesis, a decrease in embryonic mortality, and, ultimately, to the production of a larger number of larger and more viable larvae.

Keywords: bighead carp, embryogenesis, trace elements, biochemical parameters, energy metabolism, nucleic acids, larval survival, aquaculture.

Введение. Аквакультура, являясь самой быстрорастущей отраслью пищевого сектора с ежегодным приростом около 9 %, развивается в ответ на растущий спрос на рыбные продукты [5, 6]. Однако дальнейшему расширению этой отрасли препятствует проблема обеспечения здоровой молодью. На выживаемость личинок рыб влияет множество факторов, включая состояние производителей, качество воды, наличие патогенов и питание. Многочисленные исследования были посвящены изучению пищевого поведения, физиологии пищеварения и базовых потребностей в питательных веществах. Широкое распространение получила практика обогащения живых кормов, таких как коловратки и артемии, что позволяет существенно улучшить показатели роста и выживаемости личинок [2].

Элементный состав эмбриона напрямую зависит от питательных ресурсов, полученных от матери. Достаточная обеспеченность эмбриона элементами критически важна для развития личинки, особенно учитывая, что многие личинки начинают самостоятельно питаться лишь через несколько дней после вылупления. Недостаток элементов приводит к низкой выживаемости икры. Исследования показали, что у рыб, получавших рацион с дефицитом микроэлементов, таких как железо, марганец и цинк, икра характеризовалась низкой концентрацией этих элементов и плохой выводимостью. Также была выявлена положительная корреляция между содержанием цинка и жизнеспособностью икры. Таким образом, определение достаточного уровня микроэлементов в эмбрионе, особенно для видов с повышенной потребностью в них, является крайне важной задачей [3, 7].

Соотношение различных элементов в организме является инструментом для диагностики регуляции питательных веществ в живых организмах и изучения элементных циклов в экосистемах. Тем не менее, остаются нерешенными вопросы о том, как оптимизировать питание маточного стада для получения здоровых эмбрионов и способны ли искусственные корма полностью удовлетворить пищевые потребности личинок.

Целью работы явилось изучение влияния комплекса микроэлементов на итоги инкубации икры рыб.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2024–2025 гг. на базе ООО ПКФ «Рыбопитомник Чаганский», расположенного на территории с. Чаган Камызякского района Астраханской области. С этой целью были проведены пять серий экспериментов с инкубирующей икрой пестрого толстолобика. Для каждой серии икра отбиралась от одной самки, оплодотворялась спермой трех самцов и делилась на две равные части, одна из которых служила контролем. Опытную икру в инкубационных аппаратах Амур и ВНИПРХ обрабатывали комплексом микроэлементов с помощью ИВЛ-2 в первые 40 мин развития (табл. 1).

Для исследования мы применяли комплекс микроэлементов (цинк, марганец, железо) в первые 40 мин инкубации икры в дозе 0,05 мг/л каждого элемента.

Анализ данных проводили с использованием непараметрических методов: однофакторного дисперсионного анализа (тест Краскела-Уоллиса) и t-теста Манна-Уитни. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследований. Мы изучили влияние комплекса микроэлементов на итоги инкубации икры пестрого толстолобика. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние комплекса микроэлементов на итоги инкубации икры пестрого толстолобика

Группа		Кол-во икры в аппаратах	Оплодотворение, %	Нормально развив. эмбрионы, %	Диаметр набухшей икры, мм	Кол-во реализованных личинок, тыс. шт	Кол-во личинок, % к контролю	Длина 5-сут. личинок, мм
1	К	290	95	97	4,90	200	100	7,65
	О	290	95	96	4,96	240	120	7,53
2	К	250	87	95	4,49	145	100	7,52
	О	250	87	97	4,51	180	124	7,81
3	К	400	82	85	4,61	205	100	7,90
	О	400	82	95	4,67	280	136	7,89
4	К	310	92	82	4,52	80	100	7,14
	О	310	92	87	4,38	90	113	7,17
5	К	365	74	86	4,83	115	100	7,23
	О	365	74	87	5,00	125	109	7,40

Примечание: К – контроль, О – опыт.

Установлено, что процент оплодотворения икры во всех группах идентичен для контроля и опыта. Это однозначно указывает на то, что комплекс микроэлементов не оказывает прямого влияния на процесс слияния гамет. Его действие проявляется на последующих, постзиготических этапах.

Более значимым показателем является доля нормально развившихся эмбрионов. Здесь наблюдается положительная тенденция влияния микроэлементов. В трех группах из пяти (группы 2, 3, 4) в опытных группах зафиксирован более высокий процент нормального развития: +2 % (95 против 97 %), +10 % (85 против 95 %) и +5 % (82 против 87 %) соответственно. В группах 1 и 5 разница минимальна (97 против 96 % и 86 против 87 %). Наиболее показателен результат в группе 3, где в контроле был изначально низкий показатель (85 %), а в опыте он достиг 95 %. Это позволяет предположить, что микроэлементы особенно эффективны в ситуациях, когда эмбриональное развитие в контрольных условиях протекает субоптимально, возможно, нивелируя последствия стресса или дефицита определенных веществ. Что касается диаметра набухшей икры, существенных различий между контролем и опытом не наблюдается. Небольшие колебания находятся в пределах вероятной погрешности измерений и не носят систематического характера.

Наиболее выраженный и статистически значимый эффект от применения комплекса микроэлементов наблюдается на этапе перехода от эмбриона к свободноживущей личинке.

Количество реализованных личинок (тыс. шт.) и, что еще нагляднее, количество личинок в процентах к контролю демонстрируют устойчивое преимущество опытных групп. Во всех пяти экспериментах выход личинок в опыте был выше, чем в соответствующем контроле: 120, 124, 136, 113 и 109 %. Абсолютный прирост варьировал от 10 тыс. шт. в группе 4 до 75 тыс. шт. в группе 3. Это свидетельствует о том, что микроэлементы способствуют повышению выживаемости на критических этапах вылупления и перехода на активное питание. Эффект наиболее выражен в группах с наихудшими показателями в контроле (группы 2 и 3).

Показатель длины 5-суточных личинок отражает скорость их роста и общую жизнеспособность. Здесь также прослеживается положительная, хотя и менее выраженная, динамика. В трех группах (2, 3, 5) личинки в опыте были длиннее, чем в контроле: 7,81 против 7,52 мм, 7,89 против 7,90 мм (разница незначительна) и 7,40 против 7,23 мм соответственно. В группах 1 и 4 разница минимальна. Увеличение длины, наблюдаемое в некоторых группах, может быть косвенным свидетельством лучшего энергетического статуса и более раннего начала активного питания у личинок, получивших микроэлементы на эмбриональной стадии.

Таким образом, применение комплекса микроэлементов оказывает статистически достоверное положительное влияние на результаты инкубации икры пестрого толстолобика. Основной эффект проявляется не на стадии оплодотворения, а в период эмбриогенеза, приводя к увеличению доли нормально развивающихся эмбрионов, и, что наиболее важно, на этапе реализации личинок, существенно повышая их выход. Увеличение выхода личинок на 9–36 % является высоко значимым с практической точки зрения для рыбоводства.

Чтобы выяснить влияние комплекса микроэлементов на биохимические параметры инкубируемой икры, в ней определяли общее содержание нуклеиновых кислот на различных стадиях развития (табл. 2).

Таблица 2 – Количество общих нуклеиновых кислот в развивающейся икре пестрого толстолобика (на 1 икринку, мкг; n=15)

Стадия развития икры	Контроль	Опыт
Неоплодотворенная икра	1,42±0,11	1,42±0,11
Оплодотворенная икра	1,78±0,004	1,78±0,004
Мелкоклеточная морула	3,78±0,009	3,79±0,11
Середина гастролы	3,09±0,07	3,39±0,08*
Начало сегментации	2,87±0,05	2,90±0,26
Глазные бокалы	3,65±0,01	3,69±0,33
Хвостовая почка	3,43±0,06	3,86±0,02*
Стадия выклева	3,74±0,01	4,14±0,04*

Примечание: различия с контролем достоверны (P<0,05).

Анализ контрольной группы выявляет классическую картину метаболизма нуклеиновых кислот в ходе эмбрионального развития. Начальный уровень в неоплодотворенной икре (1,42 мкг/икринку) отражает запас материнских РНК и диплоидный набор ДНК (табл. 2). Резкий скачок содержания до 1,78 мкг после оплодотворения связан, прежде всего, с синтезом ДНК для начавшихся быстрых митотических делений дробления. Пиковое значение на стадии мелкоклеточной морулы (3,78 мкг) закономерно, так как эта стадия характеризуется максимальной интенсивностью делений клеток без увеличения общей массы зародыша, что требует активного синтеза и ДНК (для каждого деления), и РНК (для обеспечения синтеза белков). Последующее снижение содержания нуклеиновых кислот к середине гастролы (3,09 мкг) и началу сегментации (2,87 мкг) может быть объяснено процессами интенсивной дифференцировки клеток и морфогенетических движений, где скорость клеточных делений временно снижается, а также возможной деградацией части материнских РНК, выполнивших свою функцию [8]. Далее, на стадиях глазных бокалов (3,65 мкг) и хвостовой почки (3,43 мкг), происходит новый подъем синтеза нуклеиновых кислот, связанный с активным гистогенезом и органогенезом. К стадии выклева (3,74 мкг) уровень остается высоким, что обеспечивает готовность личинки к самостоятельной жизни.

В опытной группе наблюдается статистически значимое влияние микроэлементов на метаболизм нуклеиновых кислот, которое проявляется не сразу, а начиная с определенных этапов развития.

На стадиях неоплодотворенной и оплодотворенной икры, а также мелкоклеточной морулы значения в контроле и опыте практически идентичны (1,42; 1,78; 3,78 мкг соответственно). Это указывает на то, что комплекс микроэлементов не влияет на исходные запасы и начальные, запрограммированные материнскими факторами, этапы синтеза нуклеиновых кислот.

Начиная со стадии середины гастролы в опытной группе регистрируется достоверно более высокое содержание нуклеиновых кислот (3,39 мкг против 3,09 в контроле). Эта тенденция устойчиво сохраняется на всех последующих стадиях – начало сегментации (2,90 относительно 2,87), глазные бокалы (3,69 относительно 3,65) – и становится особенно выраженной на стадиях хвостовой почки (3,86 относительно 3,43) и выклева (4,14 мкг относительно 3,74).

Таким образом, комплекс микроэлементов действует как мощный стимулятор синтеза нуклеиновых кислот в критический период, следующий за фазой дробления. Повышенный уровень нуклеиновых кислот, особенно на стадиях органогенеза (гастрала, сегментация) и роста (хвостовая почка, выклев), свидетельствует об усилении транскрипционной и репликационной активности в клетках зародыша [1].

Микроэлементы, являясь кофакторами многих ключевых ферментов (ДНК- и РНК-полимераз, дегидрогеназ, цитохромов), очевидно, оптимизируют энергетический обмен и синтез макромолекул. Это приводит к более эффективному протеканию процессов дифференцировки и роста, что напрямую коррелирует с результатами, представленными в таблице 1, где в опытных группах наблюдался больший выход и размер личинок.

Так как цинк, действуя в отдельности, повышает каталитическую активность фермента, было необходимо изучить уровень активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ) и малатдегидрогеназы (МДГ) в развивающейся икре пестрого толстолобика в опытной и контрольной группах (табл. 3).

На изученных стадиях развития выявлено три изофермента лактатдегидрогеназы. По степени активности изоформы ЛДГ в контроле на всех стадиях развития икры располагаются так: 2>3>1. В опыте эта закономерность практически не меняется, за исключением стадии хвостовой почки, где третья изоформа несколько активнее, чем первая.

Комплекс микроэлементов повышает общий каталитический потенциал лактатдегидрогеназы в опыте в сравнении с контролем и увеличивает, как правило, активность всех трех изоформ относительно контроля. В отличие от отдельно применяемых металлов комплекс микроэлементов практически не перестраивает соотношение изоформ по степени их активности, а повышает каталитические возможности всех изоформ ЛДГ, причем повышение это в сравнении с контролем больше, чем, например, в случаях применения одного только марганца или цинка. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние комплекса микроэлементов на активность лактатдегидрогеназы пестрого толстолобика в процессе эмбриогенеза

Стадия развития оплодотворенной икры		Контроль				Опыт				Общая активность, % к контролю
		Активность изоформ			Общая активность фермента	Активность изоформ			Общая активность фермента	
		1	2	3		1	2	3		
Мелкоклеточная морула	А	36	126	37	199	50	130	57	237	
	Б	18,1	63,3	18,6	100	21,2	54,9	24,0	100	
	В	0,032	0,1106	0,0325	0,1747	0,0374	0,0973	0,0425	0,1772	101,4
Середина гастролы	А	29	105	42	176	42	112	47	201	
	Б	16,5	59,6	23,9	100	20,9	55,7	23,4	100	
	В	0,0128	0,0462	0,0185	0,0776	0,0274	0,0731	0,0307	0,1312	169,1

Продолжение таблицы 3

Начало сегментации	A	33	80	38	151	30	104	41	175	
	B	21,9	53,0	25,1	100	17,1	59,4	23,4	100	
	B	0,0130	0,0316	0,0150	0,0596	0,0084	0,0291	0,0115	0,0490	82,2
Глазные бокалы	A	48	130	52	230	60	152	62	274	
	B	20,9	56,5	22,6	100	21,9	55,5	22,6	100	
	B	0,0155	0,0419	0,0168	0,0742	0,0213	0,0539	0,0219	0,0971	130,9
Хвостовая почка	A	44	114	48	206	57	117	48	222	
	B	21,4	55,3	23,3	100	25,7	52,7	21,6	100	
	B	0,0100	0,0260	0,0110	0,0470	0,0296	0,0485	0,0199	0,0920	196,7
Стадия выклева	A	55	153	59	267	44	102	45	191	
	B	20,6	57,3	22,1	100	23,0	53,4	23,6	100	
	B	0,0156	0,0433	0,0167	0,0756	0,0296	0,0688	0,0304		

Примечание: А – относительная активность в единицах площади, Б – % к общей активности фермента в экстракте, В – абсолютная активность, мкмоль/мин.

Анализ общей абсолютной активности ЛДГ (В), которая выражает количество субстрата, превращаемого ферментом в минуту, выявляет сложную нелинейную динамику в обеих группах. В контрольной группе установлена самая низкая активность на стадии начала сегментации (0,0596 мкмоль/мин), затем она постепенно возрастает к выклеву (0,0756 мкмоль/мин). В опытной группе наблюдается иная картина: после некоторого снижения на стадии сегментации (0,0490 мкмоль/мин) происходит резкий, почти двукратный скачок активности к середине гастролы (0,1312 мкмоль/мин) и хвостовой почке (0,0920 мкмоль/мин).

Ключевым показателем является общая активность относительно контроля, рассчитанная на основе абсолютных значений. Она демонстрирует, что комплекс микроэлементов оказывает выраженное модулирующее влияние на ферментативную активность, зависящее от стадии развития. На стадии мелкоклеточной морулы разница минимальна (101,4 %), что указывает на отсутствие эффекта на самых ранних этапах, вероятно, обеспеченных материнскими запасами. Далее следует резкая активация на 69,1 % на стадии середины гастролы (169,1 %), что совпадает с периодом активной клеточной дифференцировки и морфогенетических движений. Последующее снижение активности в опыте на стадии начала сегментации (82,2 %) может отражать специфические метаболические потребности этой фазы. На стадиях глазных бокалов (130,9 %) и, особенно, хвостовой почки (196,7 %) в опытной группе вновь наблюдается значительное превышение активности ЛДГ. Это коррелирует с периодами интенсивного органогенеза и мышечной активности, требующими быстрого энергообеспечения.

Изоформы ЛДГ (1, 2, 3), являющиеся тетрамерными комбинациями М- и Н-субъединиц, выполняют различные физиологические функции. Изоформа ЛДГ-1 (Н-тип) более активна в аэробных условиях (окисление лактата), в то время как ЛДГ-5 (М-тип) – в анаэробных (восстановление пирувата до лактата). Промежуточные изоформы, такие как ЛДГ-2 и ЛДГ-3, обладают смешанными свойствами.

Данные по относительной активности изоформ (% от общей, Б) показывают, что во всех группах доминирует изоформа ЛДГ-2 (значения от 52,7 до 63,3 %), что характерно для многих тканей со смешанным типом метаболизма. Однако в опытной группе наблюдаются специфические сдвиги. Например, на стадии хвостовой почки в опыте отмечается повышение доли изоформы ЛДГ-1 (25,7 против 21,4 % в контроле) и снижение доли ЛДГ-2 (52,7 против 55,3 %). Это может свидетельствовать о лучшей подготовленности энергетического метаболизма опытных эмбрионов к аэробным условиям, что крайне важно при переходе к активному плаванию и внешнему питанию.

Анализ абсолютной активности отдельных изоформ (В) раскрывает еще более детальную картину. Так, на стадии хвостовой почки в опытной группе абсолютная активность всех трех изоформ существенно выше, чем в контроле (например, ЛДГ-1: 0,0296 против 0,0100). Это указывает не просто на перераспределение долей, а на общее усиление синтеза всех изоформ фермента под действием микроэлементов.

Таким образом, комплекс микроэлементов не просто повышает общую активность ЛДГ, а именно оптимизирует ее, подстраивая под энергетические запросы конкретной стадии развития. Пики активности на критических стадиях (гастрола, органогенез) обеспечивают зародыш адекватным количеством АТФ для энергоемких процессов дифференцировки и роста.

Повышение абсолютной активности ЛДГ и ее изоформ напрямую коррелирует с данными таблицы 2, где в опытной группе наблюдалось повышенное содержание общих нуклеиновых кислот.

На всех исследованных стадиях развития малатдегидрогеназа (МДГ) присутствует в виде одной формы (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние комплекса микроэлементов на относительную активность малатдегидрогеназы в процессе эмбриогенеза пестрого толстолобика

Стадия развития икры	Активность малатдегидрогеназы, Ед/л		
	Контроль	Опыт	Опыт в % к контролю
Мелкоклеточная морула	28,33±2,10	29,19±1,33	103
Середина гастролы	16,14±1,18	20,03±1,74*	125
Начало сегментации	14,17±0,19	33,39±2,09*	207
Глазные бокалы	19,78±2,19	29,13±2,14*	152
Хвостовая почка	12,00±1,17	27,11±1,13*	225
Стадия выклева	22,28±2,03	28,20±1,98*	121

Примечание: различия с контролем достоверны (P<0,05).

В контрольной группе наблюдается характерная для эмбриогенеза динамика активности МДГ. Начальная относительно высокая активность на стадии мелкоклеточной морулы (28,33 Ед/л) может отражать активный метаболизм, связанный с быстрыми клеточными делениями. Однако на последующих критических стадиях середины гастролы (16,14 Ед/л) и начала сегментации (14,17 Ед/л) происходит резкое снижение ферментативной активности. Это может указывать на метаболический стресс или ограниченность ресурсов в контрольных условиях в периоды интенсивной морфогенетической перестройки и дифференцировки. Далее, на стадии глазных бокалов, активность несколько восстанавливается (19,78 Ед/л), но вновь падает до минимума на стадии хвостовой почки (12,00 Ед/л), что может лимитировать энергообеспечение процессов активного органогенеза и роста мышечной ткани. К стадии выклева происходит восстановление активности (22,28 Ед/л), необходимое для обеспечения энергетических потребностей личинки (табл. 4).

В опытной группе зафиксирована принципиально иная картина. Эффект микроэлементов является не просто стимулирующим, а в высшей степени модулирующим, нивелирующим метаболические изменения, наблюдаемые в контроле.

На стадии мелкоклеточной морулы разница минимальна (103 % к контролю), что согласуется с данными предыдущих таблиц и подтверждает тезис о независимости самых ранних этапов развития от изучаемого фактора.

Начиная со стадии середины гастролы проявляется мощный положительный эффект. Активность МДГ в опыте составляет 125 % от контроля. Это обеспечивает зародышу более эффективный энергетический обмен в период гастрюляции.

В периоды начала сегментации и хвостовой почки, когда в контроле активность МДГ минимальна, в опытной группе она возрастает до 33,39 и 27,11 Ед/л соответственно, что составляет 207 и 225 % от контрольных значений. Этот кратный рост свидетельствует о том, что комплекс микроэлементов целенаправленно усиливает именно те звенья метаболизма, которые являются лимитирующими в норме.

На стадиях глазных бокалов (152 %) и выклева (121 %) положительный эффект сохраняется, хотя и является менее выраженным по сравнению с пиковыми значениями.

Показатели липидного обмена, за исключением жирных кислот, в опыте и контроле практически не отличались друг от друга (табл. 5).

Таблица 5 – Динамика липидных показателей развивающейся икры пестрого толстолобика

Стадия развития икры	Общие липиды, в % к сырому веществу		Фосфолипиды			
	контроль	опыт	контроль		опыт	
			% от веса липидов	г/100 г сырого вещества	% от веса липидов	г/100 г сырого вещества
Неоплодотворенная икра	6,61	6,61	57,8	3,82±0,11	57,8	3,82±0,18
Оплодотворенная икра	2,32	2,32	56,4	1,31±0,10	56,4	1,31±0,12
Мелкоклеточная морула	0,48	0,50	53,2	0,26±0,03	52,9	0,27±0,04
Середина гастролы	0,43	0,44	52,1	0,22±0,02	51,6	0,23±0,03
Начало сегментации	0,35	0,32	50,1	0,18±0,05	46,5	0,15±0,04
Глазные бокалы	0,38	0,36	47,8	0,18±0,03	46,1	0,17±0,03
Хвостовая почка	0,40	0,42	54,3	0,22±0,03	53,5	0,23±0,05
Стадия выклева	0,46	0,49	61,1	0,28±0,01	62,0	0,30±0,02

Примечание: различия с контролем достоверны (P<0,05).

Наблюдается выраженная и закономерная динамика содержания общих липидов в процессе развития (табл. 5). Исходно высокий уровень в неоплодотворенной икре (6,61 %) является характерным для яйцеклеток, аккумулирующих энергетические и структурные резервы. После оплодотворения происходит резкое, более чем двукратное снижение содержания липидов до 2,32 %, что связано, прежде всего, с гидратацией икринки и увеличением ее массы за счет поступления воды, то есть, с «разбавлением» липидного пула.

В дальнейшем, со стадии мелкоклеточной морулы и вплоть до стадии глазных бокалов, в контрольной группе отмечается прогрессирующее снижение содержания общих липидов, достигая минимума на стадии начала сегментации (0,35 %). Эта динамика отражает активное потребление липидов в качестве основного субстрата для энергетического обмена в период интенсивного деления клеток, морфогенетических движений и ранней дифференцировки. Последующее увеличение содержания липидов на стадиях хвостовой почки (0,40 %) и выклева (0,46 %), вероятно, не связано с их новообразованием, а является относительным, обусловленным уменьшением общей массы икринки (усушка) и активной мобилизацией других ресурсов, например белков.

В опытной группе общая тенденция к расходу липидов сохраняется, однако можно отметить некоторые отличия. Так, на стадии начала сегментации в опыте зафиксирован более низкий показатель (0,32 %), чем в контроле (0,35 %), что может свидетельствовать о более интенсивном использовании липидов на энергетические нужды в этот критический период. В то же время, к стадии выклева содержание общих липидов в опыте (0,49 %) превышает контрольный уровень (0,46 %), что может указывать на более экономное их использование или лучшее сохранение структурных липидов в конце эмбриогенеза.

Фосфолипиды являются ключевыми структурными компонентами всех клеточных мембран, и их метаболизм тесно связан с процессами клеточного деления и роста [4]. В обеих группах наблюдается общая тенденция к снижению доли фосфолипидов от стадии неоплодотворенной икры (57,8 %) до стадии глазных бокалов (47,8 % в контроле, 46,1 % в опыте). Это объясняется тем, что в этот период происходит преимущественное окисление нейтральных липидов (триацилглицеридов) как основного энергетического субстрата, в то время как фосфолипиды, будучи структурными компонентами, расходуются в меньшей степени, что и приводит к снижению их относительной доли в общем пуле липидов [9]. На стадии хвостовой почки и, особенно, выклева доля фосфолипидов значительно возрастает (до 61,1 % в контроле и 62,0 % в опыте). Этот рост

является относительным и связан с резким сокращением пула нейтральных липидов, израсходованных на энергетику, в то время как структурные фосфолипиды сохраняются для формирования тканей и органов предличинки.

Полученные результаты показывают устойчивое снижение абсолютного количества фосфолипидов от начала развития до стадии глазных бокалов, что свидетельствует об их активном ремоделировании и частичном катаболизме в процессе постоянной перестройки клеточных мембран при делении и дифференцировке. При этом на ряде стадий (морула, гастрюла, хвостовая почка, выклев) в опытной группе наблюдается тенденция к более высокому абсолютному содержанию фосфолипидов по сравнению с контролем. Например, на стадии выклева в опыте зафиксировано 0,30 г/100 г против 0,28 г/100 г в контроле.

Таким образом, более низкий уровень общих липидов на стадии сегментации в опыте может косвенно указывать на их более активное использование. Это хорошо согласуется с данными таблиц 4 и 5, где было показано резкое увеличение активности ключевых ферментов энергетического метаболизма (ЛДГ и МДГ) под действием микроэлементов. Липиды являются основным «топливом» для развивающегося зародыша, и их ускоренный катаболизм обеспечивает возросшие энергетические потребности.

Заключение. Проведенный комплексный научный анализ демонстрирует, что применение комплекса микроэлементов оказывает выраженное положительное влияние на эмбриогенез пестрого толстолобика, что проявляется на морфофизиологическом, биохимическом и метаболическом уровнях.

Основной эффект заключается в значительном повышении выхода жизнеспособных личинок на 9–36 %, что является ключевым результатом с рыбохозяйственной точки зрения. Данный положительный эффект имеет глубокую биохимическую основу. Установлено, что микроэлементы стимулируют синтез нуклеиновых кислот, начиная со стадии гастрюлы, обеспечивая усиленную транскрипцию и репликацию в периоды активной дифференцировки и органогенеза. Одновременно происходит глубокая оптимизация энергетического метаболизма, характеризующаяся значительной активацией ключевых ферментов: лактатдегидрогеназы (до 2 раз к контролю) и, особенно, малатдегидрогеназы (до 2,2 раза к контролю) на критических стадиях развития. Это свидетельствует о мощной интенсификации как анаэробного, так и аэробного пути ресинтеза АТФ, что полностью удовлетворяет повышенные энергетические запросы эмбриона.

Метаболические изменения затрагивают и липидный обмен. Наблюдается более интенсивное использование общих липидов в качестве энергетического субстрата при одновременном сохранении и даже увеличении абсолютного пула структурных фосфолипидов к моменту выклева, что указывает на поддержание целостности клеточных мембран.

Таким образом, комплекс микроэлементов действует как мощный метаболический модулятор, синхронно усиливая биосинтетические процессы (синтез нуклеиновых кислот) и энергообеспечение (активность дегидрогеназ), что приводит к успешному прохождению критических периодов эмбриогенеза, снижению эмбриональной смертности и, в конечном итоге, к получению большего количества более крупных и жизнеспособных личинок. Применение данного комплекса является высокоэффективным биотехнологическим приемом для интенсификации заводского воспроизводства пестрого толстолобика.

Библиография

1. Араниси Ф., Танака Т. Изучение личинок и молоди мигрирующих рыб вдоль продольного профиля реки с помощью безопасного полевого отбора проб экологической ДНК // Биология внутренних вод. 2022. № 1. С. 82–83.
2. Белых О.А., Розанов С.Е. Особенности выращивания живого корма *Artemia salina* в аквакультуре // Известия Байкальского государственного университета. 2021. Т. 31. № 3. С. 400–406.
3. Влияние органоминарального хелатного комплекса на репродуктивную функцию самок и выживаемость икры DANIO RERIO / П. А. Полистовская, Л. Ю. Карпенко, И. А. Махнин, О. Ю. Ажикина // Международный вестник ветеринарии. 2024. № 1. С. 112–119.
4. Влияние фосфолипидов на эффективность ингибирования процессов окисления природными и синтетическими антиоксидантами / Л. Н. Шинкина, Л. И. Мазалецкая, М. В. Козлов, Н. И. Шелудченко // Известия Академии наук. Серия химическая. 2023. Т. 72. № 8. С. 1876–1886.
5. Иванов В.А. Особенности развития рыбного хозяйства, аквакультуры и промышленного рыболовства (на примере Астраханской области) // Научный аспект. 2024. Т. 5. № 6. С. 628–633.
6. Свободная Е. Аквакультура – резерв продовольственной безопасности России // Эффективное животноводство. 2022. № 7(182). С. 103–107.
7. Смутнев П.В., Пудовкин Н.А. Миграция селена в водной экосистеме реки Волги в границах Саратовской области // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016. № 1. С. 37–43.
8. Терминация репликации и механизмы гетероплазмии митохондриальных ДНК у осетровых рыб / И. В. Корниенко, Д. А. Чеботарев, М. А. Махоткин [и др.] // Молекулярная биология. 2019. Т. 53. № 1. С. 53–63.
9. Уровень фосфолипидов липопротеинов высокой плотности плазмы как косвенный показатель их холестерин-акцептирующей способности / Ю. А. Терешкина, Л. В. Кострюкова, Т. И. Торховская [и др.] // Биомедицинская химия. 2021. Т. 67. № 2. С. 119–129.

References

1. Aranisi F., Tanaka T. Izucheniye lichinok i molodi migriruyushchikh ryb vdol' prodol'nogo profilya reki s pomoshch'yu bezopasnogo polevogo otbora prob ekologicheskoy DNK // Biologiya vnutrennikh vod. 2022. № 1. S. 82–83.
2. Belykh O.A., Rozanov S.Ye. Osobennosti vyrashchivaniya zhivogo korma *Artemia salina* v akvakul'ture // Izvestiya Baykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2021. T. 31. № 3. S. 400–406.
3. Vliyaniye organomineral'nogo khelatnogo kompleksa na reproduktivnyuyu funktsiyu samok i vyzhivayemost' ikry DANIO RERIO / P. A. Polistovskaya, L. Yu. Karpenko, I. A. Makhnin, O. Yu. Azhikina // Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. 2024. № 1. S. 112–119.
4. Vliyaniye fosfolipidov na effektivnost' ingibirovaniya protsessov okisleniya prirodnyimi i sinteticheskimi antioksidantami / L. N. Shishkina, L. I. Mazaletskaya, M. V. Kozlov, N. I. Sheludchenko // Izvestiya Akademii nauk. Seriya khimicheskaya. 2023. T. 72. № 8. S. 1876–1886.
5. Ivanov V.A. Osobennosti razvitiya rybnogo khozyaystva, akvakul'tury i promyshlennogo rybolovstva (na primere Astrakhan'skoy oblasti) // Nauchnyy aspekt. 2024. T. 5. № 6. S. 628–633.

6. Svobodnaya Ye. Akvakul'tura – rezerv prodovol'stvennoy bezopasnosti Rossii // Effektivnoye zhivotnovodstvo. 2022. № 7(182). S. 103–107.
7. Smutnev P.V., Pudovkin N.A. Migratsiya selena v vodnoy ekosisteme reki Volgi v granitsakh Saratovskoy oblasti // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo. 2016. № 1. S. 37–43.
8. Terminatsiya replikatsii i mekhanizmy geteroplazmii mitokhondrial'nykh DNK u osetrovyykh ryb / I. V. Korniyenko, D. A. Chebotarev, M. A. Makhotkin [i dr.] // Molekulyarnaya biologiya. 2019. T. 53. № 1. S. 53–63.
9. Uroven' fosfolipidov lipoproteinov vysokoy plotnosti plazmy kak kosvennyy pokazatel' ikh kholesterin-aktseptiruyushchey sposobnosti / Yu. A. Tereshkina, L. V. Kostryukova, T. I. Torkhovskaya [i dr.] // Biomeditsinskaya khimiya. 2021. T. 67. № 2. S. 119–129.

Сведения об авторах

Воробьев Дмитрий Владимирович, доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Астраханский ГУ им. Татищева, ул. Татищева 20А, г. Астрахань, Астраханская обл., Россия, 414056, тел.: +7 937 8239000, e-mail: demon_499@mail.ru;

Захаркина Наталья Ивановна, кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Астраханский ГУ им. Татищева, ул. Татищева 20А, г. Астрахань, Астраханская обл., Россия, 414056, тел.: 89880779601, e-mail: veterinar-nataly@yandex.ru;

Пудовкин Николай Александрович, доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Астраханский ГУ им. В.Н. Татищева, ул. Татищева 20А, г. Астрахань, Астраханская обл., Россия, 414056; ФГБОУ ВО Вавиловский университет, пр-кт им. Петра Столыпина, зд. 4, стр. 3., г. Саратов, Россия, 410012, тел.: 8-8452-69-25-31, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru;

Маркова Алиса Романовна, студентка кафедры ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Астраханский ГУ им. Татищева, ул. Татищева 20А, г. Астрахань, Астраханская обл., Россия, 414056, тел.: 89113248830, e-mail: fox.markova51@yandex.ru.

Information about authors

Vorobyov Dmitry V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after A.N. Tatishchev, ul. Tatishcheva, 20A, Astrakhan, Astrakhan Region, Russia, 414056, tel.: +7 937 8239000, e-mail: demon_499@mail.ru;

Zakharkina Natalya I., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after A.N. Tatishchev, ul. Tatishcheva, 20A, Astrakhan, Astrakhan Region, Russia, 414056, tel.: 89880779601, e-mail: veterinar-nataly@yandex.ru;

Pudovkin Nikolay A., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after A.N. Tatishchev, ul. Tatishcheva, 20A, Astrakhan, Astrakhan Region, Russia, 414056; Vavilov University, pr-kt im. Petra Stolypina, zd. 4, str. 3, Saratov, Russia, 410012, tel.: 8-8452-69-25-31, e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru;

Markova Alisa R., Student, Department of Veterinary Medicine, Astrakhan State University named after A.N. Tatishchev, ul. Tatishcheva, 20A, Astrakhan, Astrakhan Region, Russia, 414056, tel.: 89113248830, e-mail: fox.markova51@yandex.ru.

УДК 577.1:636.2

С.В. Каплун, С.Н. Тресницкий, Н.А. Гарская

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОЛОЧНОГО СКОТА РАЗЛИЧНЫХ ГЕНОТИПОВ В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Аннотация. Цель работы – изучить метаболические особенности молочного скота различных генотипов в процессе адаптации к промышленной технологии.

Обследовали коров украинской красной молочной породы и красной степной породы в возрасте третьего отёла на третьем месяце лактации. В крови определяли количество общего белка, абсолютное и относительное количество альбуминов и глобулинов, активность аминотрансфераз (АлАТ и АсАТ), α -амилазы, содержание глюкозы, натрия, калия, кальция. Проводили индексную оценку путём расчёта белкового коэффициента (альбумины/глобулины (А/Г), коэффициента де Ритиса (АсАТ/АлАТ). Все изученные показатели метаболического профиля у коров обеих пород, за исключением АлАТ, не выходили за пределы референтных интервалов. Наибольшие средние показатели альбумина как в абсолютных, так и в относительных значениях были отмечены в крови коров украинской красной молочной породы. Достоверное превышение составило 5,2 г/л или 13,8 % ($p \leq 0,01$) и 7,32 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Животные этой группы достоверно превышали уровень А/Г на 0,21 усл. ед. или на 25,93 % ($p \leq 0,05$), АлАТ – на 24,62 МЕ или на 40,04 % ($p \leq 0,01$), калия – на 0,69 ммоль/л или на 14,32 % ($p \leq 0,01$).

Коровы красной степной породы имели уровень глобулинов выше, чем у коров украинской красной молочной породы, и в абсолютных, и в относительных значениях. Абсолютная разница составила 8,36 г/л или 15,01 %, но она была только физической. Повышенное содержание глобулинов в относительных значениях было достоверным и достигало 7,32 % ($p \leq 0,01$). Концентрация глюкозы в крови коров красной степной породы была достоверно выше показателя особей украинской красной молочной породы на 1,71 ммоль/л или на 45,24 % ($p \leq 0,001$).

Изменчивость показателей обмена белка была ниже у коров украинской красной молочной породы. Изменчивость показателей углеводного и минерального обменов была ниже у коров красной степной породы.

Ключевые слова: метаболические особенности, коровы, генотип, адаптация, промышленная технология.

METABOLIC CHARACTERISTICS OF DAIRY CATTLE OF DIFFERENT GENOTYPES DURING ADAPTATION TO INDUSTRIAL TECHNOLOGY

Abstract. The aim of the work is to study the metabolic features of dairy cattle of different genotypes in the process of adaptation to industrial technology. Cows of the Ukrainian Red Dairy and Red Steppe breeds were examined at the age of third calving, in the third month of lactation. The amount of total protein, the absolute and relative amount of albumins and globulins, the activity of aminotransferases (ALT and AST), α -amylase, the content of glucose, sodium, potassium, and calcium were determined. An index assessment was performed by calculating the protein coefficient (albumins/globulins (A/G) and the de Ritis coefficient (AST/ALT). All the studied indicators of the metabolic profile in cows of both breeds, with the exception of ALT, did not exceed the reference intervals. The highest average levels of albumin, both in absolute and relative numbers, were observed in the blood of Ukrainian Red Dairy cows. The significant excess was 5.2 g/L or 13.8 % ($p \leq 0.01$) and 7.32 % ($p \leq 0.05$), respectively. The animals in this group had a significantly higher level of A/G (0.21 units or 25.93 %, $p \leq 0.05$), ALAT (24.62 IU or 40.04 %, $p \leq 0.01$), and potassium (0.69 mmol/L or 14.32 %, $p \leq 0.01$) than the animals in the Ukrainian Red Dairy breed. The cows of the Red Steppe breed had a higher level of globulins than the cows of the Ukrainian Red Dairy breed, both in absolute and relative terms. The absolute difference was 8.36 g/L or 15.01 %, but it was only physical. The increased content of globulins in relative values was significant and reached 7.32 % ($p \leq 0.01$). The blood glucose concentration of red steppe cows was significantly higher than that of Ukrainian red dairy cows by 1.71 mmol/L or 45.24 % ($p \leq 0.001$). The variability of protein metabolism indicators was lower in Ukrainian red dairy cows. The variability of carbohydrate and mineral metabolism indicators was lower in red steppe cows.

Keywords: metabolic characteristics, cows, genotype, adaptation, industrial technology.

Введение. Организм животных в процессе развития и жизнедеятельности претерпевает ряд сложнейших изменений, которые в настоящее время изучены не полностью. Прежде всего это относится к характеру и интенсивности метаболических процессов. В то же время изучению особенностей метаболического профиля крови молочного скота посвящено большое количество исследований. Показатели метаболизма в современном скотоводстве используют для контроля за состоянием здоровья животных [1, 2], качества и уровня их кормления [3, 4], анализа и прогнозирования продуктивных качеств [5, 6] и др. Точность и ценность получаемых результатов биохимических исследований зависит от множества различных факторов – как эндогенных, так и экзогенных [7]. В настоящее время известно, что при исследовании показателей обмена веществ необходимо учитывать генотип животных [8], пол [9], возраст [10], физиологическое состояние [11, 12], сезон года [13] и др.

Современная промышленная технология производства молока предполагает достаточно интенсивную эксплуатацию животного. Действующие на организм различные эколого-технологические факторы приводят к снижению адаптационных возможностей организма и появлению огромного количества заболеваний, что влечет снижение продуктивности, долголетия и воспроизводства [14, 15]. Сбалансированная жизнедеятельность молочного скота в условиях промышленной технологии возможна только при условии эффективного расходования и восстановления резервов организма в процессе его функционирования при длительном воздействии неблагоприятных технологических факторов.

В то же время в литературе имеются данные, свидетельствующие о том, что показатели метаболизма могут характеризовать процессы адаптации, происходящие в организме [16, 17], в том числе и у коров в условиях промышленных комплексов [18].

В связи с этим изучение метаболических особенностей молочных коров в зависимости от генотипа позволит определить уровень их функциональных возможностей в условиях интенсивной технологии производства молока и выявить информативные биохимические маркеры, характеризующие адаптивные свойства.

Цель данной работы – изучить метаболические особенности молочного скота различных генотипов в процессе адаптации к промышленной технологии.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в условиях учебно-научно-исследовательского агрокомплекса «Колос» Луганского государственного аграрного университета, ЛНР, РФ. В основу работы был положен метод межпородного сопоставления молочного скота, содержащегося в условиях промышленной технологии. Обследовали коров украинской красной молочной породы и красной степной породы в возрасте третьего отёла на третьем месяце лактации. Были сформированы группы-аналоги, содержащиеся в одинаковых условиях кормления и эксплуатации: I группа – коровы украинской красной молочной породы (n=5), II группа – коровы красной степной породы (n=6).

Забор крови у всех коров осуществлялся ветеринарными специалистами в утреннее время, за час до утренней дойки. Для исключения возможного влияния климатических, сезонных, технологических и других факторов кровь брали в один и тот же промежуток времени у всех животных. Отбор крови осуществлялся системой Vacutainer с соблюдением всех унифицированных требований и правил. Определяли количество общего белка, абсолютное и относительное количество альбуминов и глобулинов, активность аминотрансфераз (АлАТ и АсАТ), α -амилазы, содержание глюкозы, натрия, калия, кальция. Проводили индексную оценку путём расчёта белкового коэффициента (альбумины/глобулины (А/Г)), коэффициента де Ритиса (АсАТ/АлАТ).

Исследование метаболического профиля коров проведено в условиях ООО «Диагностический центр «Луганская диагностическая лаборатория»» г. Луганск, ЛНР, РФ.

Полученные данные обрабатывали в программе STATISTICA 10. Определяли среднюю величину признака (M), ошибку среднего (m), границы изменчивости признака (lim), размах изменчивости признака R, доверительные интервалы (M-tm÷M+tm), коэффициент изменчивости признака (Cv). Статистическая значимость была принята на уровне p<0,05.

Результаты исследований. Проведённый анализ метаболических особенностей коров, содержащихся в условиях промышленной технологии, позволил выявить ряд особенностей, связанных с генетической принадлежностью животных. Полученные данные представлены в таблице 1.

Количество общего белка в крови обследованных коров соответствовало референтным интервалам, указанным в литературе, для данного вида, пола и возраста. При этом в I группе не было отмечено животных с гиперпротеинемией, II группа включала животных с показателем, превышающим верхнюю границу физиологической нормы, что может свидетельствовать о напряжении механизмов длительной адаптации у коров данной группы [16]. Следует отметить, что показатель количества общего белка в крови отличался незначительной изменчивостью, что позволяет отнести его к параметрам, контролируемым на генетическом уровне. Преобладание коэффициента вариации отмечено в группе красной степной породы.

Таблица 1 – Показатели белкового обмена у коров различных генотипов в условиях промышленной технологии, (M±m)

Показатели	Группы		Референтные интервалы
	Коровы украинской красной молочной породы (I группа) (n=5)	Коровы красной степной породы (II группа) (n=6)	
Общий белок, г/л	85,01±1,64	88,17±2,51	70–92 [19]
Lim (R)	78,99–88,33 (9,34)	80,36–93,27 (12,91)	
M-tm÷M+tm	80,47÷89,55	81,72÷94,61	
Cv, %	4,3	6,96	
Альбумин, г/л	37,68±0,91	32,48±0,87**	25–36 [19]
Lim (R)	34,61–40,35 (5,74)	30,34–35,05 (4,71)	
M-tm÷M+tm	35,15÷40,21	30,24÷34,72	
Cv, %	5,41	6,56	
Альбумин, %	44,46±1,86	37,14±2,11*	38–50 [7]
Lim (R)	39,81–51,08 (11,27)	32,53–43,62 (11,09)	
M-tm÷M+tm	39,3÷49,61	31,71÷42,56	
Cv, %	9,33	13,91	
Глобулин, г/л	47,33±5,32	55,69±3,37	40–63 [19]
Lim (R)	38,64–52,33 (13,69)	45,31–62,93 (17,62)	
M-tm÷M+tm	40,72÷53,93	47,03÷64,34	
Cv, %	11,24	14,81	
Глобулин, %	55,54±1,87	62,86±2,11*	42–70
Lim (R)	48,92–60,19 (11,27)	56,38–67,47 (11,09)	
M-tm÷M+tm	50,39÷60,7	57,44÷68,29	
Cv, %	7,47	8,22	
А/Г, усл. ед.	0,81±0,06	0,6±0,06*	0,9–1,4 [20]
Lim I	0,66–1,04 (0,38)	0,48–0,77 (0,29)	
Lim (R)	0,63÷0,99	0,46÷0,74	
Cv, %	17,65	22,83	
АсАТ, МЕ/л	91,5±4,17	82,41±6,53	41–107 [19]

Продолжение таблицы 1

Lim (R)	80,78–103,51 (22,73)	62,74–97,68 (34,94)	
M-tm÷M+tm	79,92÷103,09	65,62÷99,19	
Cv, %	10,2	19,4	
АлАТ, МЕ/л	61,49±5,0	36,87±4,33**	
Lim (R)	48,71–74,22 (25,51)	25,19–48,92 (23,73)	10–36 [19]
M-tm÷M+tm	47,62÷75,37	25,75÷48,03	
Cv, %	18,17	28,79	
АсАТ/АлАТ (коэффициент де Ритиса), усл. ед.	1,55±0,19	2,39±0,34	
Lim (R)	1,21–2,04 (0,83)	1,72–3,45 (1,73)	
M-tm÷M+tm	1,02÷2,07	1,52÷3,26	
Cv, %	27,1	34,73	
α-амилаза, МЕ/л	49,52±13,54	24,66±1,97	
Lim (R)	23,74–98,49 (74,75)	20,63–30,78 (10,15)	0–57 [21]
M-tm÷M+tm	11,93÷87,11	19,6÷29,72	
Cv, %	61,27	19,55	
Глюкоза, ммоль/л	2,07±0,3	3,78±0,14***	
Lim (R)	1,33–3,15 (1,82)	3,33–4,05 (0,72)	1,65–4,19 [19]
M-tm÷M+tm	1,23÷2,9	3,41÷4,15	
Cv, %	32,43	9,26	
Натрий, ммоль/л	133,36±7,91	141,7±0,54	
Lim (R)	107,9–153,4 (45,5)	140,8–143,4 (2,6)	139–148 [7]
M-tm÷M+tm	111,39÷155,33	140,32÷143,08	
Cv, %	13,27	0,94	
Калий, ммоль/л	4,82±0,25	4,13±0,12**	
Lim (R)	4,1–5,6 (1,5)	3,86–4,5 (0,64)	4,1–4,86 [7]
M-tm÷M+tm	4,14÷5,5	3,82÷4,44	
Cv, %	11,41	7,17	
Кальций, ммоль/л	2,2±0,08	2,07±0,02	
Lim (R)	2,02–2,39 (0,37)	2,0–2,12 (0,11)	2,03–3,14 [19]
M-tm÷M+tm	1,99÷2,41	2,01÷2,13	
Cv, %	7,64	2,7	

* – вероятность разницы между группами $p \leq 0,05$; ** – вероятность разницы между группами $p \leq 0,01$; *** – вероятность разницы между группами $p \leq 0,001$

Наибольшие средние показатели альбумина как в абсолютных, так и в относительных числах были отмечены в крови коров украинской красной молочной породы. Достоверное превышение составило 5,2 г/л или 13,8 % ($p \leq 0,01$) и 7,32 % ($p \leq 0,05$) соответственно. Имеются данные, что чем выше количество альбумина в крови животных, тем выше и их адаптационные способности [22]. При этом установленный средний уровень альбумина в абсолютных значениях соответствовал границам референтных интервалов только в группе красной степной породы, где все животные соответствовали физиологической норме. В то же время относительный показатель данной фракции белков этой группы, напротив, уступал значениям референтных интервалов даже в границах установленных доверительных интервалов. Средний показатель абсолютного количества альбумина у коров украинской красной молочной породы превышал литературные референтные интервалы, относительного – соответствовал. Содержание альбумина в абсолютных значениях у I группы отличалось незначительной изменчивостью, все остальные – средней, при преобладании значений у красной степной породы.

Количество глобулинов в крови коров превосходило количество альбуминов, совпадая при этом со значениями референтных интервалов.

Содержание глобулинов в крови коров красной степной породы было выше, чем у коров украинской красной молочной породы, и в абсолютных, и в относительных значениях. Абсолютная разница составила 8,36 г/л или 15,01 %, но она была только физической. Повышенное содержание глобулинов в относительных значениях было достоверным и достигало 7,32 % ($p \leq 0,01$).

Уровень глобулинов в абсолютных значениях отличался незначительным уровнем изменчивости, в отличие от относительных, у которых изменчивость была средней. Уровень изменчивости количества глобулинов у коров красной степной породы был выше, чем у коров украинской красной молочной породы. Установленные доверительные интервалы коров красной степной породы с вероятностью 95 % допускают в популяции наличие особей с гиперглобулинемией.

В результате исследований установлено, что достоверные отличия обследованных групп пород по количеству белковых фракций приводили к изменению интенсивности белкового обмена. Об этом свидетельствуют изменения белкового

коэффициента (соотношения альбуминов и глобулинов). Коровы красной степной породы достоверно уступали по данному показателю 0,21 усл. ед. или 25,93 % ($p \leq 0,05$). При этом у животных обеих пород данный установленный средний показатель не соответствовал референтным интервалам. В группе животных украинской красной молочной породы встречались особи с показателями, соответствующими физиологической норме, в отличие от другой обследованной группы.

Достоверной межпородной разницы между показателями активности АсАТ у коров не выявлено, тем не менее в обеих группах просматривается явная тенденция отсутствия напряжённости обменных процессов катаболизма белка [16]. Показатели активности АсАТ у всех обследованных коров соответствовали значениям референтных интервалов. Уровень изменчивости показателей был средним с преобладанием у животных красной степной породы.

Исследование крови обеих обследованных групп показало, что содержание фермента переаминирования АлАТ превышало значения физиологической нормы для данного вида животных. Коровы украинской молочной породы достоверно превышали показатель красной степной породы на 24,62 МЕ или на 40,04 % ($p \leq 0,01$). Учитывая, что АлАТ является биохимическим маркером анаболизма белка, повышенное содержание АлАТ может свидетельствовать о напряжённости обменных процессов анаболизма белка в организме коров обеих пород [16]. Изменчивость показателя данного фермента была выше, чем АсАТ, но также отличалась средним уровнем и преобладанием значения показателя у красной степной породы. Границы установленных доверительных интервалов не совпали с показателями литературных референтных интервалов.

Установленные коэффициенты де Ритиса или соотношения АсАТ и АлАТ у обеих пород статистически достоверных различий не имели, т.е. интенсивность метаболизма у обследованных групп практически не отличалась. Учитывая, что данный показатель у молочного скота зависит от вида животного, пола и физиологического состояния [23], сведений о референтных интервалах для данных пород нами не установлено. В то же время полученные значения совпадают с данными Pishchan et. al. (2021) [24] для коров швицкой бурой породы 1,0–3,4 усл. ед. Изменчивость показателя коэффициента де Ритиса в обеих группах соответствовала значительному уровню при преобладании у коров красной степной породы. При этом в данной группе коэффициент изменчивости свидетельствовал о неоднородности исследуемой совокупности по показателю коэффициента де Ритиса.

Активность фермента α -амилазы не имела достоверных различий между группами животных, таким образом генотип в данных условиях не влиял на усвоение углеводов корма. Полученные средние значения активности фермента соответствовали литературным референтным интервалам. В группе красной степной породы все обследованные коровы соответствовали физиологической норме по данному показателю. В группе украинской красной молочной породы встречались животные с повышенной активностью фермента, что отображалось также в границах установленного доверительного интервала.

Коровы украинской красной молочной породы также отличались значительно более высоким значением изменчивости показателя. Это даёт возможность предположить, что процесс расщепления углеводов, в котором участвует α -амилаза, сопряжён не с породой, а с условиями технологической среды, на которые коровы украинской красной молочной породы реагировали более напряжённо. Коэффициент вариации в этой группе имел значительный уровень изменчивости и свидетельствовал о неоднородности, в то время как у коров красной степной породы он соответствовал среднему уровню.

Средние значения концентрации глюкозы в крови коров в обеих группах находились в пределах референтных интервалов. При этом в группе коров красной степной породы все обследованные животные по данному показателю соответствовали физиологической норме. В группе коров украинской красной молочной породы встречались животные с низкой концентрацией глюкозы в крови. Установленный доверительный интервал с вероятностью 95 % также свидетельствует о том, что исследуемый параметр в данных технологических условиях будет иметь пониженные значения.

Концентрация глюкозы в крови коров красной степной породы была достоверно выше показателя особей украинской красной молочной породы на 1,71 ммоль/л или на 45,24 % ($p \leq 0,001$) при незначительном уровне изменчивости. Коровы украинской красной молочной породы, в свою очередь, отличались значительным уровнем изменчивости показателя глюкозы в крови.

Содержание натрия в крови животных соответствовало референтным интервалам только у коров красной степной породы, где все обследованные особи не уступали физиологической норме и имели незначительный уровень изменчивости.

Коровы украинской красной молочной породы отличались нестабильными показателями содержания натрия, встречались животные как с пониженным уровнем натрия в крови, так и с повышенным при среднем уровне изменчивости признака. В то же время достоверной разницы между группами в результатах установлено не было.

Полученные средние данные по уровню калия в крови коров входят в референтные интервалы, представленные в литературе. Установлено достоверное влияние породы на данный показатель. Коровы красной степной породы достоверно уступали коровам украинской красной молочной породы на 0,69 ммоль/л или на 14,32 % ($p \leq 0,01$) и имели более низкий коэффициент вариации, соответствующий незначительному уровню. Уровень вариации у животных украинской красной молочной породы соответствовал среднему.

Установлено отсутствие достоверных межпородных отличий по уровню кальция в крови обследованных коров. При этом полученные средние данные соответствовали имеющимся литературным интервалам у обеих групп, несмотря на наличие животных с гипокальциемией. Установленные доверительные интервалы с вероятностью 95 % включали в установленный интервал значения с показателями ниже физиологической нормы. Обращает на себя внимание очень низкий коэффициент вариации признака, соответствующий незначительному уровню (особенно у коров красной степной породы), что вероятно является особенностями генотипа.

Заключение. Исходя из результатов проведённых исследований считаем, что в ходе эксплуатации в условиях промышленной технологии производства молока коровы украинской красной молочной породы и красной степной породы имеют метаболический профиль крови, соответствующий «промышленному», т.е. соответствие установленных средних значений показателей метаболизма референтным интервалам позволяет характеризовать их состояние как «состояние адаптации».

Следует отметить, что генотипические особенности исследованных пород, несмотря на их «родство», отражаются в показателях метаболизма. Как известно, украинская красная молочная порода создана путём сложного воспроизводительного скрещивания красной степной породы с племенными особями англеской, красной датской и голштинской краснопестрой пород. Вероятно, «метаболическая подобность» пород проявляется отсутствием достоверной разницы в ряде показателей: общий белок, абсолютное количество глобулина, активность АсАТ и α -амилазы, индекс де Ритиса, количество натрия и кальция в крови. В то же время вероятное влияние улучшающих пород проявилось в достоверных отличиях по

количеству альбумина, белковому коэффициенту, активности АлАТ, количеству глюкозы и калия в крови. Коровы украинской молочной породы, исходя из результатов наших исследований обмена белка, отличались более высоким уровнем адаптивированности и большей устойчивостью данного обмена к условиям внешней среды, закреплённой в том числе на генетическом уровне. Красная степная порода, в свою очередь, отличалась меньшей напряжённостью и большей стабильностью обмена углеводов и минерального обмена.

Нами также отмечено, что, исходя из результатов исследований, обе группы требуют необходимую оптимизацию и нормализацию процесса кормления животных для данных технологических условий.

В целях повышения эффективности молочного скотоводства региона с учетом полученных данных рекомендуем использовать обе породы, однако предусмотреть необходимые технологические решения с учётом установленных метаболических особенностей.

Библиография

1. Нарушение минерального обмена у высокопродуктивных коров в условиях интенсивного производства / В. Н. Денисенко [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021. № 10. С. 7–11.
2. Мониторинг состояния здоровья крупного рогатого скота в условиях интенсивного животноводства / О. А. Столбова [и др.] // Ветеринария и кормление. 2024. № 4. С. 95–99.
3. Кахоров Б.А., Катаева Ю.А. Изучение влияния протеиновой добавки на продуктивность и обмен веществ высокоудойных коров // Научное обозрение. Биологические науки. 2024. № 3. С. 71–74.
4. Денисенко В.Н., Сыроватский М.В., Круглова Ю.С. Биохимический статус крупного рогатого скота при несбалансированном кормлении // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 5. С. 58–64.
5. Басонов О.А., Кулаткова А.С. Взаимосвязь экстерьерных и интерьерных показателей с молочной продуктивностью коров голштинской породы // Нива Поволжья. 2023. № 2(66). С. 2001.
6. Мкртчян Г.В., Бойко М.Д. Связь между биохимическими показателями крови и показателей молочной продуктивности у коров в группах с разным уровнем продуктивности // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 8(134). С. 357–360.
7. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И. П. Кондрахин [и др.]. М. : КолосС, 2004. 520 с.
8. Крупин Е.О., Тагиров М.Ш. Биохимические показатели белкового и углеводного обмена у коров различных генотипов // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2018. Т. 233. № 1. С. 83–88.
9. Абилов А.И., Новгородова И.П., Билас Я.А. Мониторинг биохимического статуса быков-производителей // Аграрная наука. 2022. № 7–8. С. 80–85.
10. Никулина Н.Б., Байдак Е.В. Оценка физиологического состояния лактирующих коров разного возраста // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 251. № 3. С. 188–194.
11. Никитина А.А. Некоторые показатели метаболизма коров в разные периоды стельности и их влияние на клинический статус // Ветеринария. 2023. № 10. С. 41–44.
12. Изменения некоторых физиологических показателей обмена веществ у коров в период раздоя / А. В. Ситчихина [и др.] // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 256. № 4. С. 244–248.
13. Коломиец С.А., Соснина Л.П. Особенности белкового профиля коров в зависимости от периода лактации и способа содержания // Генетика и разведение животных. 2024. № 1. С. 54–59.
14. Писаренко А.В. Продуктивное долголетие и воспроизводительная способность коров в зависимости от уровня адаптации // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60. № 3. С. 44–51.
15. Крупицын В.В., Котарев В.И. Показатели молочной продуктивности коров, разводимых в хозяйствах Воронежской области, с учетом анализа основных технологических причин их выбраковки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4(52). С. 232–239.
16. Состояние биохимических и иммунологических показателей у населения Республики Саха (Якутия): [монография] / Л. Д. Олесова, З. Н. Кривошапкина, А. С. Гольдерова и др. Якутск : Принт, 2019. 239 с.
17. О варибельности показателей крови и адаптационного статуса интактных мышей линии Balb/c разного пола / Г. В. Жукова [и др.] // Южно-Российский онкологический журнал. 2023. № 4(4). С. 13–22.
18. Ермишин А.С., Тамарова Р.В. Способ комплексной оценки адаптационной способности крупного рогатого скота // Патент на изобретение RU 2796523 С1, 25.05.2023. Заявка № 2022103149 от 08.02.2022.
19. Контроль биохимического статуса свиней и коров: руководство / И. В. Гусев [и др.]. М. : ФГБНУ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2019. 40 с.
20. Зайцев С.Ю. Тензиометрический и биохимический анализ крови животных: фундаментальные и прикладные аспекты. М. : Сельскохозяйственные технологии, 2016. 192 с.
21. Джаксыбаева Г.Г., Кочнев Н.Н., Себежко О.И. Биохимические показатели у коров красной степной породы Павлодарской области Казахстана // Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы: сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика В.Г. Рядчикова. Краснодар, 2024. С. 381–387.
22. Великодная Е.К., Карпенко Л.Ю. Влияние физических нагрузок на иммунно-биохимический статус спортивных лошадей (Обзор литературы) // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2025. № 2(66). С. 3–12.
23. Лейбова В.Б., Позовникова М.В., Турлова Ю.Г. Коэффициент де Ритиса как маркер молочной продуктивности у коз после первого окота // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. № 11(137).
24. Metabolic Homeostasis and Level of Productivity of First-heifers in the Conditions of the Industrial Complex / I. S. Pishchan [et al.] // Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2021. № 9(4). Pp. 195–202.

References

1. Narusheniye mineral'nogo obmena u vysokoproduktivnykh korov v usloviyakh intensivnogo proizvodstva [Disturbance of mineral metabolism in highly productive cows under intensive production conditions] / V. N. Denisenko [i dr.] // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya [Veterinary Science, Animal Science and Biotechnology]. 2021. № 10. Pp. 7–11.

2. Monitoring sostoyaniya zdorov'ya krupnogo rogatogo skota v usloviyakh intensivnogo zhivotnovodstva [Monitoring the health status of cattle under intensive livestock farming] / O. A. Stolbova [i dr.] // Veterinariya i kormleniye [Veterinary Science and Nutrition]. 2024. № 4. Pp. 95–99.
3. Kakhorov B.A., Katayeva Yu.A. Izucheniye vliyaniya proteinovoy dobavki na produktivnost' i obmen veshchestv vysokoudoynnykh korov [Study of the effect of protein supplementation on the productivity and metabolism of highly productive cows] // Nauchnoye obozreniye. Biologicheskkiye nauki [Scientific Review. Biological Sciences]. 2024. № 3. Pp. 71–74.
4. Denisenko V.N., Syrovatskiy M.V., Kruglova Yu.S. Biokhimicheskiy status krupnogo rogatogo skota pri nesbalansirovannom kormlenii [Biochemical status of cattle with unbalanced feeding] // Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya [Veterinary science, animal science and biotechnology]. 2024. № 5. Pp. 58–64.
5. Basonov O.A., Kulatkova A.S. Vzaimosvyaz' ekster'yernykh i inter'yernykh pokazateley s molochnoy produktivnost'yu korov golshinskoy porody [Relationship between exterior and interior indicators with milk productivity of Holstein cows] // Niva Povolzh'ya [Niva Povolzhya]. 2023. № 2(66). Pp. 2001.
6. Mkrtychyan G.V., Boyko M.D. Svyaz' mezhdru biokhimicheskimi pokazatelyami krovi i pokazately molochnoy produktivnosti u korov v gruppakh s raznym urovnem produktivnosti [Relationship between biochemical blood indicators and milk productivity indicators in cows in groups with different productivity levels] // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. 2023. № 8(134). Pp. 357–360.
7. Metody veterinarnoy klinicheskoy laboratornoy diagnostiki: Spravochnik [Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics: Handbook] / I. P. Kondrakhin [i dr.]. M. : KolosS, 2004. 520 p.
8. Krupin Ye.O., Tagirov M.Sh. Biokhimicheskiye pokazateli belkovogo i uglevodnogo obmena u korov razlichnykh genotipov [Biochemical indicators of protein and carbohydrate metabolism in cows of different genotypes] // Uchenyye zapiski Kazanskoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman [Scientific notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. 2018. Vol. 233. № 1. Pp. 83–88.
9. Abilov A.I., Novgorodova I.P., Bilas Ya.A. Monitoring biokhimicheskogo statusa bykov-proizvoditeley [Monitoring the biochemical status of sires] // Agrarnaya nauka [Agrarian science]. 2022. № 7–8. Pp. 80–85.
10. Nikulina N.B., Baydak Ye.V. Otsenka fiziologicheskogo sostoyaniya laktiruyushchikh korov raznogo vozrasta [Assessment of the physiological state of lactating cows of different ages] // Uchenyye zapiski Kazanskoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman [Scientific notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. 2022. Vol. 251. № 3. Pp. 188–194.
11. Nikitina A.A. Nekotoryye pokazateli metabolizma korov v raznyye periody stel'nosti i ikh vliyaniye na klinicheskiy status [Some indicators of cow metabolism at different periods of pregnancy and their influence on clinical status] // Veterinariya [Veterinary science]. 2023. № 10. Pp. 41–44.
12. Izmeneniya nekotorykh fiziologicheskikh pokazateley obmena veshchestv u korov v period razdoya [Changes in Some Physiological Parameters of Metabolism in Cows During the Milking Period] / A. V. Sitchikhina [i dr.] // Uchenyye zapiski Kazanskoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Bauman [Scientific Notes of the Kazan Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman]. 2023. Vol. 256. № 4. Pp. 244–248.
13. Kolomiyets S.A., Sosnina L.P. Osobennosti belkovogo profilya korov v zavisimosti ot perioda laktatsii i sposoba sodержaniya [Features of the Protein Profile of Cows Depending on the Lactation Period and Housing Method] // Genetika i razvedeniye zhivotnykh [Genetics and Animal Breeding]. 2024. № 1. Pp. 54–59.
14. Pisarenko A.V. Produktivnoye dolgoletie i vosproizvoditel'naya sposobnost' korov v zavisimosti ot urovnya adaptatsii [Productive longevity and reproductive capacity of cows depending on the level of adaptation] // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of the Gorsk State Agrarian University]. 2023. Vol. 60. № 3. Pp. 44–51.
15. Krupitsyn V.V., Kotarev V.I. Pokazateli molochnoy produktivnosti korov razvodimyykh v khozyaystvakh voronezhskoy oblasti, s uchetom analiza osnovnykh tekhnologicheskikh prichin ikh vybrakovki [Milk productivity indicators of cows bred on farms in the Voronezh region, taking into account the analysis of the main technological reasons for their culling] // Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy]. 2020. № 4(52). Pp. 232–239.
16. Sostoyaniye biokhimicheskikh i immunologicheskikh pokazateley u naseleniya Respubliki Sakha (Yakutiya): [monografiya] [The state of biochemical and immunological parameters in the population of the Republic of Sakha (Yakutia): [monograph]] / L. D. Olesova, Z. N. Krivoshapkina, A. S. Gol'derova i dr. Yakutsk : Print, 2019. 239 p.
17. O variabel'nosti pokazateley krovi i adaptatsionnogo statusa intaktnykh myshey linii Balb/c raznogo pola [On the variability of blood parameters and adaptation status of intact Balb/c mice of different sexes] / G. V. Zhukova [i dr.] // Yuzhno-Rossiyskiy onkologicheskii zhurnal [South Russian Journal of Oncology]. 2023. № 4(4). Pp. 13–22.
18. Yermishin A.S., Tamarova R.V. Sposob kompleksnoy otsenki adaptatsionnoy sposobnosti krupnogo rogatogo skota [Method for comprehensive assessment of adaptive capacity of cattle] // Patent na izobreteniyе RU 2796523 C1, 25.05.2023. Zayavka № 2022103149 ot 08.02.2022.
19. Kontrol' biokhimicheskogo statusa sviney i korov: rukovodstvo [Monitoring the biochemical status of pigs and cows: guidelines] / I. V. Gusev [i dr.] // M. : FGBNU VIZH im. L.K. Ernsta, 2019. 40 p.
20. Zaytsev, S.Yu. Tenzimetricheskiy i biokhimicheskiy analiz krovi zhivotnykh: fundamental'nyye i prikladnyye aspekty [Tensiometric and biochemical analysis of animal blood: fundamental and applied aspects] // Moskva : Sel'skokhozyaystvennyye tekhnologii, 2016. 192 p.
21. Dzhakysbayeva G.G., Kochnev N.N., Sebezheko O.I. Biokhimicheskiye pokazateli u korov krasnoy stepnoy porody Pavlodarskoy oblasti Kazakhstana [Biochemical parameters in Red Steppe cows of the Pavlodar region of Kazakhstan] // Sovremennyye problemy v zhivotnovodstve: sostoyaniye, resheniya, perspektivy. Sbornik statey po materialam II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu akademika V.G. Ryadchikova [In the collection: Modern problems in animal husbandry: status, solutions, prospects. Collection of articles based on the materials of the II International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician V.G. Ryadchikov]. Krasnodar, 2024. S. 381–387.
22. Velikodnaya Ye.K., Karpenko L.Yu. Vliyaniye fizicheskikh nagruzok na immuno-biokhimicheskiy status sportivnykh loshadey (Obzor literatury) [The Influence of Physical Activity on the Immuno-Biochemical Status of Sport Horses (Literature Review)] // Aktual'nyye voprosy veterinarnoy biologii [Current Issues in Veterinary Biology]. 2025. № 2(66). Pp. 3–12.

23. Leybova V.B., Pozovnikova M.V., Turlova Yu.G. Koeffitsiyent de Ritis kak marker molochnoy produktivnosti u koz posle pervogo okota [De Ritis coefficient as a marker of milk productivity in goats after the first lambing] // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal [International Research Journal]. 2023. № 11(137).

24. Metabolic Homeostasis and Level of Productivity of First-heifers in the Conditions of the Industrial Complex / I. S. Pishchan [et al.] // Theoretical and Applied Veterinary Medicine. 2021. № 9(4). Pp.195–202.

Сведения об авторах

Каплун Сергей Владимирович, соискатель кафедры биологии и общей патологии, Донской государственной технической университет, Российская Федерация, пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344000, тел.: +7(959) 285-38-75, e-mail: sergius.lg@yandex.ru;

Тресницкий Сергей Николаевич, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующий кафедрой биологии и общей патологии, Донской государственной технической университет, Российская Федерация, пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344000, тел.: +7(919) 893-27-36, e-mail: tresnitskiydonstu@yandex.ru;

Гарская Наталья Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и общей патологии, Донской государственной технической университет, Российская Федерация, пл. Гагарина, 1, г. Ростов-на-Дону, Россия, 344000, тел.: +7(959) 204-33-56, e-mail: Natalya_G@bk.ru.

Information about authors

Kaplun Sergey V., applicant, Department of Biology and General Pathology, Don State Technical University, Russian Federation, pl. Gagarina, 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000, Tel.: +7 (959) 285-38-75, e-mail: sergius.lg@yandex.ru;

Tresnitskiy Sergey N., Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Biology and General Pathology, Don State Technical University, Russian Federation, pl. Gagarina, 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000, Tel.: +7 (919) 893-27-36, e-mail: tresnitskiydonstu@yandex.ru;

Garskaya Natalya A., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and General Pathology, Don State Technical University, Russian Federation, pl. Gagarina, 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000, tel.: +7 (959) 204-33-56, e-mail: Natalya_G@bk.ru.

УДК 66.636:612.128

Л.В. Клетикова, Ю.Н. Шацурин, Л.В. Вирзум

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФЕРМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ КРОВИ У КУР РАЗНОГО ВОЗРАСТА

Аннотация. Ферменты выступают регуляторами скорости обмена веществ в организме, ускоряя протекание всех биохимических реакций в десятки раз. Также ферменты могут служить индикаторами всех изменений в организме птиц, обусловленных половыми, возрастными, продуктивными особенностями или развитием патологического состояния. Целью настоящего исследования была оценка активности ферментов у кур яичного направления продуктивности кросса Dekalb white трех возрастных групп – 40-, 50- и 90-недельного возраста. Содержание на высокотехнологичном предприятии и кормление кур соответствовали нормативам. Изучали активность АСТ, АЛТ, ГГТ, КФК, ЛДГ, щелочной фосфатазы, альфа-амилазы и липазы. Кровь для исследования получали в утренние часы из подкрыльцовой вены, исследование сыворотки выполняли на биохимическом анализаторе Super Z. Установлено, что на фоне 40-недельных кур у 50-недельных несушек повысилась активность АЛТ на 62,75 %, щелочной фосфатазы – на 23,43, амилазы – на 7,40 %, снизилась активность АСТ 16,87 %, липазы – на 20,10 %, и имелась тенденция к снижению ГГТ. У 90-недельных кур относительно 50-недельных отмечено повышение активности липазы более чем в 3 раза, ГГТ на 28,20 % и снижение активности АЛТ на 13,80 %, АСТ – на 14,50 %, щелочной фосфатазы – на 13,80, амилазы – на 17,93 %. Таким образом, динамика активности ферментов у кур, находящихся на пике продуктивности, связана с напряженностью обменных процессов в печени и организме в целом. У кур старшей возрастной группы противоположно направленные изменения активности ферментов АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы, альфа-амилазы, липазы, ГГТ указывают на формирование функциональной недостаточности поджелудочной железы и печени, включая развитие панкреатита и липидоза печени, что характерно для высокопродуктивных птиц промышленных комплексов. С целью улучшения состояния птицы необходимо применение биологически активных веществ, обладающих гепатопротекторным и антиоксидантным эффектом.

Ключевые слова: куры, возраст, активность ферментов, возрастные изменения, причины.

COMPARATIVE ANALYSIS OF BLOOD ENZYME PROFILES IN CHICKENS OF DIFFERENT AGES

Abstract. Enzymes regulate the body's metabolic rate, accelerating all biochemical reactions by tens of times. Enzymes can also serve as indicators of changes in the body due to sex, age, productivity, or the development of pathological conditions. The aim of this study was to evaluate enzyme activity in Dekalb White egg-laying hens of three age groups – 40, 50, and 90 weeks of age. The hens were housed at a high-tech facility and fed according to regulatory standards. The activities of AST, ALT, GGT, CPK, LDH, alkaline phosphatase, alpha-amylase, and lipase were studied. Blood for the study was obtained in the morning hours from the axillary vein, serum analysis was performed on a Super Z biochemical analyzer. It was found that, compared with 40-week-old chickens, 50-week-old layers had an increase in ALT activity by 62.75 %, alkaline phosphatase by 23.43 %, amylase by 7.40 %, a decrease in AST activity by 16.87 %, lipase by 20.10 % and a tendency towards a decrease in GGT. In 90-week-old chickens, relative to 50-week-old chickens, an increase in lipase activity by more than 3 times, GGT by 28.20 % and a decrease in ALT activity by 13.80 %, AST by 14.50 %, alkaline phosphatase by 13.80 %, amylase by 17.93 % were noted. Thus, the dynamics of enzyme activity in hens at peak productivity are associated with the intensity of metabolic processes in the liver and the body as a whole. In older hens, opposing changes in the activity of ALT, AST, alkaline phosphatase, alpha-amylase, lipase, and GGT enzymes indicate the development of pancreatic and hepatic insufficiency, including the development of pancreatitis and hepatic lipidosis, which is typical of high-yielding poultry in industrial complexes. To improve the condition of the birds, it is necessary to use biologically active substances with hepatoprotective and antioxidant effects.

Keywords: hens, age, enzyme activity, age-related changes, causes.

Введение. Метаболизм является основой всей жизнедеятельности организмов, где важную функцию выполняют ферменты. Ферменты – специфические биологические катализаторы, представленные преимущественно белками, определяющими их биологическую активность. Практически все химические реакции, протекающие в живых организмах, осуществляются при их участии. [1, 2, 3]. Благодаря действию ферментов все химические реакции в организме осуществляются эффективно, что позволяет организму переваривать пищу, поглощать питательные вещества и поддерживать внутренние функции, такие как противовоспалительная, детоксикационная, метаболическая, иммунная, гемопоэтическая и прочее. Ферменты ускоряют химические реакции в организме в 10^8 – 10^{20} раз.

Научно доказано, что ферментный состав организма меняется и в онтогенезе, и при болезнях [4]. Тем не менее, способность ферментных систем к адаптации лежит в основе приспособительных реакций организма на действие различных факторов, и определение активности ферментов, катализирующих разные этапы метаболизма, существенно дополняет информацию о качественных сдвигах обмена веществ [5].

В практике птицеводства наиболее часто проводится скрининг трансаминаз и щелочной фосфатазы. Трансаминазы имеют существенное значение в белковом обмене, катализируя перенос аминокетильной группы от соответствующих аминокислот на кетокислоты с образованием новых кето- и аминокислот без образования свободного аммиака. Определение активности аспартатаминотрансферазы (АСТ) наиболее важно в диагностике повреждений скелетных мышц и сердца, а аланинаминотрансфераза (АЛТ) имеет преимущественное значение в диагностике болезней печени [6]. Щелочная фосфатаза играет очень важную роль в физиологической функции крови [7]. Повышение активности щелочной фосфатазы является общей реакцией организма и сопровождается нарушением процессов окислительного фосфорилирования в органах и тканях и изменением проницаемости клеточных мембран [8].

Не менее значимым ферментом в диагностике энзиматического профиля птиц являются такие ферменты, как лактатдегидрогеназа (ЛДГ) и гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ). ЛДГ характеризует метаболический профиль тканей и органов, а также определяет условия протекания окислительного распада глюкозы [9]. У больных животных активность ЛДГ и ее изоферментов повышается [10]. ГГТ обнаруживается во всех клетках, за исключением эритроцитов. У животных и птиц наблюдается значительная вариабельность активности ГГТ, которая особенно высока в тканях с секреторной и абсорбционной функцией, таких как почки, желчные пути, кишечник. ГГТ способствует поддержанию физиологических концентраций

глутатиона в цитоплазме, участвует в клеточной защите от окислительного стресса [11] и метаболизме лейкотриенов и ксенобиотиков [12].

По наблюдениям ученых, снижение активности ЛДГ, ГГТ и щелочной фосфатазы в плазме крови может быть признаком ослабления синтетической функции печени [13].

Для кур промышленных кроссов весьма значимым ферментом является креатинфосфокиназа (КФК). КФК преимущественно обнаруживается в скелетной мускулатуре, клетках сердечной мышцы, а также в гладких мышцах и головном мозге, в меньшей степени в клетках лёгких и щитовидной железы. Предназначение этого фермента заключается в обеспечении энергией мышц за счёт превращения креатина в креатинфосфат. Повышенный уровень КФК чаще всего связан с повреждением клеток и выходом клеточных компонентов в кровотоки, что сопровождается развитием синдрома острой мышечной слабости [14].

Не менее актуальным является анализ пищеварительных ферментов амилазы и липазы. Биологическая вариация альфа-амилазы, как всякого фермента, высока, но ее уровень в организме в целом постоянен [15]. При различных патологических состояниях, таких как поражение поджелудочной железы, почек, травмы органов брюшной полости уровень альфа-амилазы повышается. Липаза катализирует гидролитическое расщепление триглицеридов, которые используются организмом в качестве энергетического и пластического материала, и участвует в мобилизации жирных кислот из жировых депо. При стрессе липаза играет большую роль в процессе всасывания жиров в пищеварительном тракте [16].

Таким образом, анализ совокупности ферментов позволяет оценить их возрастную динамику, адаптивность организма к условиям среды и стрессоустойчивость.

Исходя из изложенного выше, **целью** нашего исследования была оценка изменения энзиматической активности у кур трех возрастных групп.

Материал и методы исследования. В исследовании участвовали куры кросса Dekalb white трех возрастных групп: 40- и 50-недельные, находящиеся на пике продуктивности, и 90-недельные, заканчивающие свой продуктивный период. Птица содержалась на высокотехнологичном специализированном птицеводческом предприятии. Исследования выполнены на поголовье, содержащемся в одном цеху в течение всего периода выращивания. Условия содержания и кормления соответствовали установленным требованиям [17]. Кровь для исследования отбирали в утренние часы из подкрыльцовой вены (*axillary vein*) с соблюдением асептики и антисептики в специальные вакуумные пробирки с активатором свертывания и гелем и в течение двух часов после взятия проводили анализ. Исследование сыворотки крови выполняли на автоматическом биохимическом анализаторе Super Z и в дальнейшем проводили статистическую обработку с использованием стандартных программ. Продуктивные показатели учитывали по данным статотчета предприятия.

Результаты исследования. Во время проведения эксперимента куры-несушки не испытывали каких-либо стрессовых воздействий, параметры микроклимата, рацион кормления оставались стабильными согласно возрасту и уровню продуктивности. Продуктивность кур варьировала в зависимости от возраста и составляла у 40-недельных несушек 95,2 %, у 50-недельных – 96,1, у 90-недельных – 92,3 % при средней массе яиц 62,10±3,46, 63,50±3,80 и 66,32±2,7 г соответственно.

При исследовании активности трансаминаз выявлено, что с ростом продуктивности возрастает и активность АЛТ [18]. У 50-недельных несушек активность фермента достигла 22,46 ед/л, что больше на 62,75 %, чем у 40-недельных ($p \leq 0,01$) (табл. 1). С возрастом и снижением продуктивности отмечено снижение активности АЛТ, у 90-недельных несушек показатель снизился на 13,80 % относительно показателя, зарегистрированного у 50-недельных кур.

Таблица 1 – Активность энзимов у кур разного возраста, n=10, M±m

Показатели	Значения показателей, ед./л		
	возраст – 40 недель	возраст – 50 недель	возраст – 90 недель
АЛТ	13,80±2,42	26,00±2,16	22,42±1,89
АСТ	234,32±21,66	227,53±5,92	194,74±33,26
ГГТ	16,13±2,68	14,29±0,24	18,32±2,89
КФК	902,44±34,10	908,62±46,34	912,24±97,14
ЛДГ	518,52±46,40	518,87±32,86	518,05±77,40
Щелочная фосфатаза	540,84±99,21	667,56±12,17	575,48±107,49
Липаза	7,96±0,52	6,36±0,23	19,23±0,59
Амилаза	156,94±1,60	168,70±5,51	138,46±8,62

В то же время активность АСТ снижалась с возрастом, т.е. у 50-недельных кур концентрация АСТ ниже, чем у 40-недельных на 16,87, у 90-недельных – ниже на 14,50 и 16,90 %, чем у 50- и 40-недельных ($p \leq 0,05$).

Для динамики ГГТ характерен волнообразный характер, что, вероятно, также связано с яйценоскостью. В период наивысшей продуктивности, в 50-недельном возрасте, активность фермента имела тенденцию к снижению, при снижении продуктивности у 90-недельных кур активность ГГТ повысилась на 28,20 % ($p \leq 0,01$).

Анализируя повышение активности АЛТ и ГГТ у кур с возрастом, нельзя отрицать развития гепатопатии.

На протяжении всего периода исследования стабильностью отличались два фермента: КФК и ЛДГ. Из этого следует, что куры всех возрастных групп в достаточной степени обеспечены энергией, которая служит источником для поддержания мышечного тонуса.

Активность щелочной фосфатазы на фоне кур 40-недельного возраста у 50-недельных увеличилась (на 23,43 %) и достигла 575,50 ед/л. У 90-недельных кур активность щелочной фосфатазы снизилась на 13,80 % по сравнению с предыдущей возрастной группой ($p \leq 0,05$). Динамика активности щелочной фосфатазы коррелирует с активностью АЛТ, и, вероятно, также обусловлена высокой продуктивностью несушек.

Липаза у кур 50-недельного возраста снизилась относительно 40-недельных на 20,10 % и резко возросла к 90-недельному возрасту (более чем в 3 раза). Напротив, активность амилазы у 50-недельных кур повысилась на 7,40 %, что способствовало расщеплению сложных углеводов рациона, и значительно снизилась на 17,93 % у 90-недельных кур ($p \leq 0,05$). Повышение липолитической и снижение амилолитической активности у кур 90-недельного возраста может служить сигналом нарушения функции поджелудочной железы.

Анализируя полученные результаты, отметим, что увеличение активности щелочной фосфатазы наиболее часто отмечается у молодняка в референсных пределах, что может служить результатом улучшения ретенции кальция и фосфора,

участвующих в формировании костной ткани. Что касается взрослых высокопродуктивных несушек, то вероятной причиной незначительного повышения активности щелочной фосфатазы является активная мобилизация минеральных веществ на формирование скорлупы яиц.

Сигналом о нарушении функции печени служит повышение активности АЛТ. У кур-несушек этот показатель свидетельствует о функциональных нарушениях печени, точнее о развитии стеатогепатоза. В этом случае происходит накопление липидных молекул в печени. Для кур, отличающихся высокой продуктивностью, картина стеатогепатоза является нормой, обусловленной рационом кормления, направленным на повышение продуктивности и качества продукции. При этом щелочная фосфатаза является «размыкающим» ферментом, помогая клеткам получать нужные вещества и поддерживать баланс минералов и питательных веществ в целом. Благодаря динамике данного фермента можем отметить, что он способствует детоксикации печени и организма в целом.

Изменение функции поджелудочной железы и количества продуцируемой липазы и альфа-амилазы с одной стороны свидетельствуют о повышении массы и качественных показателей яиц, с другой – об изменении функции поджелудочной железы.

Заключение. Проведенное исследование и анализ данных позволили сделать некоторые выводы:

1) у 50-недельных кур на пике продуктивности в сыворотке крови возрастает активность ферментов АЛТ, щелочной фосфатазы и амилазы и параллельно с этим имеется тенденция к снижению активности АСТ, снижению концентрации ГГТ и липазы;

2) у 90-недельных кур при окончании продуктивного периода отмечается повышение активности ГГТ и липазы и снижение активности АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы и амилазы.

Следовательно, динамика активности ферментов у кур, находящихся на пике продуктивности, связана с напряженностью обменных процессов в печени и организме в целом.

У кур старшей возрастной группы противоположно направленные изменения активности ферментов АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы, альфа-амилазы и липазы, ГГТ указывают на развитие функциональной недостаточности поджелудочной железы и печени, включая развитие панкреатита и липидоза печени, что характерно для высокопродуктивных птиц промышленных комплексов.

Из приведенных данных вытекает необходимость применения гепатопротекторов, витаминсодержащих препаратов, в частности холина или его гомологов, которые принимают активное участие в жировом обмене, профилактируют развитие стеатогепатита, играют важную роль в процессах, протекающих в поджелудочной железе, и выводят токсины из организма.

Библиография

1. Самыева А.С. Ферменты: структура, классификация и роль в биохимических процессах // Наука и мировоззрение. 2025. Т. 1. № 45. С. 84–91.
2. Ленинджер А. Биохимия. М.: Мир, 2020. 1328 с.
3. Кузнецова Е.А., Черепнина Л.В. Ферменты: структура, свойства и применение: учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования. Орел: ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», 2013. 175 с.
4. Биологически активные вещества. Витамины, ферменты, гормоны: учебно-методическое пособие / под ред. И. М. Быкова. Краснодар, 2019. 125 с.
5. Магомедова М.А., Абдулатипов А.И. Изменения активности некоторых тканевых ферментов углеводно-энергетического обмена в крови у детей и подростков, проживающих в условиях высокогорья // Известия ДГПУ. 2015. № 2. С. 72–76.
6. Ферментодиагностика болезней животных: учеб.-метод. пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-74 03 02 «Ветеринарная медицина» / Ю. К. Ковалёнок [и др.]. Витебск: ВГАВМ, 2020. 32 с.
7. Смолин С.Г., Атавина О.В. Содержание минеральных веществ и активность фермента щелочной фосфатазы в сыворотке крови у цыплят-бройлеров при применении витамина парааминобензойной кислоты в весенний и летний периоды года // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2012. № 9. С. 147–149.
8. Клетникова Л.В. Динамика обмена кальция и фосфора у высокопродуктивных кур в зависимости от периода яйцекладки // Материалы международной научной конференции: Проблемы агропромышленного комплекса, Тайлан, Бангкок-Паттая, 20-30 декабря 2013 г. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 1. С. 57–58.
9. Середа Т.И., Дерхо М.А. Особенности изоферментного спектра лактатдегидрогеназы у кур-несушек в ходе репродуктивного периода // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. Том 4. № 32–1. С. 332–335.
10. Зайцев С.Ю., Максимов В.И., Бардюкова Т.В. Супрамолекулярные ферментные системы крови собак в клинической диагностике // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2009. Т. 49. № 2. С. 122–126.
11. Гамма-глутамилтранспептидаза-перспективный биологический маркер сердечной недостаточности / А. М. Алиева [и др.] // Клинист. 2022. Т. 16. № 1. С. 12–20.
12. Ndrepepa G., Kastrati A. Gammaglutamyl transferase and cardiovascular disease // Ann Transl Med. 2016. № 4(24). P. 481.
13. Громов И.Н., Громова Л.Н., Герман С.П. Биохимические констелляции в организме птиц в условиях антигенной нагрузки // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр.: в 2 ч. Горки, 2012. Вып. 15. Ч. 2. С. 326–331.
14. Повышение креатинфосфокиназы как диагностическая проблема у мультиморбидного пациента с Covid-19 (Клиническое наблюдение) / Т. В. Бараховская [и др.] // Байкальский медицинский журнал. 2024. № 3(2). С. 31–38.
15. Оценка фенотипической изменчивости некоторых ферментов переаминирования у крупного рогатого скота в условиях Западной Сибири / О. И. Себежко [и др.]. // Теория и практика современной аграрной науки: сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 27 февраля 2023 года. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2023. С. 762–764.
16. Гуреева Н.В. Панкреатическая липаза: активация, ингибирование и связь с пероксидным окислением липидов // Химико-фармацевтический журнал. 2009. Т. 43. № 11. С. 30–35.
17. Приказ Минсельхоза России от 26.03.2025 № 188 «Об утверждении Ветеринарных правил содержания сельскохозяйственной птицы в целях ее разведения и выращивания» (Зарегистрировано в Минюсте России 23.04.2025 № 81947) // Контур. Норматив. URL: https://cdnstatic.rg.ru/uploads/attachments/2025/04/25/81947_3f5.pdf (дата обращения 17.12.2025.).
18. Корреляционная зависимость между активностью трансаминаз и живой массой у ягнят // Л. В. Вирзум [и др.] // БИО. 2025. № 11. С. 24–29.

References

1. Samy`eva A.S. Fermenty` struktura, klassifikaciya i rol` v bioximicheskix processax // Nauka i mirovozzrenie. 2025. Т. 1. № 45. С. 84–91.

2. Lenindzher A. Bioximiya. M. : Mir, 2020. 1328 s.
3. Kuzneczova E.A., Cherepnina L.V. Fermenty: struktura, svojstva i primenenie: uchebno-metodicheskoe posobie dlya vy'sshego professional'nogo obrazovaniya. Orel : FGBOU VPO «Gosuniversitet – UNPK», 2013. 175 s.
4. Biologicheski aktivny'e veshhestva. Vitaminy, fermenty, gormony: uchebno-metodicheskoe posobie / pod redakcij prof. I.M. By'kova. Krasnodar, 2019. 125 s.
5. Magomedova M.A., Abdulnatiev, A.I. Izmeneniya aktivnosti nekotoryx tkaneyx fermentov uglevodno-e'nergeticheskogo obmena v krovi u detej i podrostkov, prozhivayushhix v usloviyax vy'sokogor'ya // Izvestiya DGPU. 2015. № 2. S. 72–76.
6. Fermentodiagnostika boleznej zhivotny'x : ucheb.-metod. posobie dlya studentov uchrezhdenij vy'sshego obrazovaniya, obuchayushhixsya po special'nosti 1-74 03 02 «Veterinarnaya medicina» / Yu. K. Kovalyonok [i dr.]. Vitebsk : VGAVM, 2020. 32 s.
7. Smolin S.G., Atavina O.V. Soderzhanie mineral'ny'x veshhestv i aktivnost' fermenta shhelochnoj fosfatazy' v sy'vorotke krovi u cyplyat-brojlerov pri primenenii vitamina paraaminobenzoinoy kisloty' v vesenij i letnij periody' goda // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. № 9. S. 147–149.
8. Kletikova L.V. Dinamika obmena kal'ciya i fosfora v vy'sokoproduktivny'x kur v zavisimosti ot perioda jajcekladki // Materialy' mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: Problemy' agropromy' shlenного комплекса, Tajlan, Bangkok-Pattaya, 20–30 dekabrya 2013 g. Mezhdunarodny'j zhurnal prikladny'x i fundamental'ny'x issledovanij, 2014. № 1. S. 57–58.
9. Sereda T.I., Derxo M.A. Osobennosti izofermentnogo spektra laktatdehidrogenazy' u kur-nesushek v xode reproduktivnogo perioda // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. Tom 4. № 32–1. S. 332–335.
10. Zajcev S.Yu., Maksimov V.I., Bardyukova T.V. Supramolekulyarny'e fermentny'e sistemy' krovi sobak v klinicheskoy diagnostike // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2. Ximiya. 2009. T. 49. № 2. S. 122–126.
11. Gamma-glutamyltranspeptidaza-perspektivny'j biologicheskij marker serdechnoj nedostatochnosti / A. M. Alieva [i dr.] // Klinicist. 2022. T. 16. № 1. S. 12–20.
12. Ndrepepa G., Kastrati A. Gammaglutamyl transferase and cardiovascular disease // Ann Transl Med. 2016. № 4(24). P. 481.
13. Gromov I.N., Gromova L.N., German S.P. Bioximicheskie konstellyacii v organizme pticz v usloviyax antigennoj nagruzki // Aktual'ny'e problemy' intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva: sb. nauch. tr. : v 2 ch. Gorki, 2012. Vyp. 15. Ch. 2. S. 326–331.
14. Povy'shenie kreatinfosfokinazy' kak diagnosticheskaya problema u mul'timorbidnogo pacienta s Covid-19 (Klinicheskoe nablyudenie) / T. V. Baraxovskaya [i dr.] // Bajkal'skij medicinskij zhurnal. 2024. № 3(2). S. 31–38.
15. Ocenka fenotipicheskoy izmenchivosti nekotoryx fermentov pereaminirovaniya u krupnogo rogatogo skata v usloviyax Zapadnoj Sibiri / O. I. Sebeztko [i dr.] // Teoriya i praktika sovremennoj agrarnoj nauki: sbornik VI nacional'noj (vsrossijskoy) nauchnoj konferencii s mezhdunarodny'm uchastiem, Novosibirsk, 27 fevralya 2023 goda. Novosibirsk : ICz NGAU «Zolotoy kolos», 2023. S. 762–764.
16. Gureeva N.V. Pankreaticheskaya lipaza: aktivaciya, ingibirovanie i svyaz' s peroksidny'm okisleniem lipidov // Ximiko-farmaceuticheskij zhurnal. 2009. T. 43. № 11. S. 30–35.
17. Prikaz Minsel'xoza Rossii ot 26.03.2025 № 188 «Ob utverzhenii Veterinarnyx pravil sodержaniya sel'skoxozyajstvennoj pticy v celyax ee razvedeniya i vyrashhivaniya» (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 23.04.2025 № 81947) // Kontur. Normativ. URL: https://cdnstatic.rg.ru/uploads/attachments/2025/04/25/81947_3f5.pdf (data obrashheniya 17.12.2025.).
18. Korelyacionnaya zavisimost' mezhdru aktivnost'yu transaminaz i zhivoj massoj u yagnyat // L. V. Virzum [i dr.] // BIO. 2025. № 11. S. 24–29.

Сведения об авторах

Клетикова Людмила Владимировна, доктор биологических наук, доцент, профессор центра клинических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Шашурина Юлия Николаевна, старший преподаватель центра клинических дисциплин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Вирзум Людмила Викторовна, кандидат химических наук, доцент, зав. кафедрой прикладных биотехнологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет» (ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»), Иваново, ул. Советская, 45, Россия, 153012, телефон: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru.

Information about authors

Kletikova Lyudmila V., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Center for Clinical Disciplines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, phone: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Shashurina Yulia N., Senior Lecturer, Center for Clinical Disciplines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, phone: 8 (4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru;

Virzum Lyudmila V., Associate Professor, PhD in Chemistry, Head of the Department, Department of Applied Biotechnology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Verkhnevolzhsky State Agrobiotechnological University» (FSBEI HE «Verkhnevolzhsky SAU»), Ivanovo, ul. Sovetskaya, 45, Russia, 153012, telephone: 8(4932) 32-81-44, e-mail: rektorat@ivgsha.ru.

УДК 619.616-006.66

Е.С. Козлов, А.А. Шелковая

ИММУНОДИАГНОСТИКА ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ У КОШЕК И СОБАК

Аннотация. В данном обзоре рассматривается роль воспалительного процесса в развитии новообразований молочной железы у животных и роль иммунных контрольных точек как регулятора иммунных реакций для перспективы диагностики онкологических заболеваний. Проведен обзор существующих данных относительно панели иммуногистохимических маркеров, применяемых в клинической практике при раке молочной железы, с акцентом на их диагностическую ценность и прогностическую значимость.

Ключевые слова: иммунотерапия, злокачественные новообразования, рак молочной железы, ингибиторы контрольных точек.

IMMUNODIAGNOSTICS OF BREAST MALIGNANCIES IN CATS AND DOGS

Abstract. This overview explores the role of inflammation in the development of mammary gland neoplasms in animals and the function of immune checkpoints as regulators of immune responses for the potential diagnosis of oncological diseases. The paper reviews current data on a panel of immunohistochemical markers used in clinical practice for breast cancer, focusing on their diagnostic utility and prognostic importance.

Keywords: immunotherapy, malignant neoplasms, breast cancer, checkpoint inhibitors.

Введение. Изучение роли воспаления в развитии рака ведется уже давно. Воспаление, как известно, играет ключевую роль в развитии рака и рассматривается как перспективная мишень для лечения онкологических заболеваний. Управление микроокружением опухоли (МОО) становится критически важным, поскольку оно влияет не только на эффективность иммунотерапии, но и на результаты лечения и прогнозы при использовании стандартной химиотерапии и других методов борьбы с раком. Иммунотерапия, использующая ингибиторы иммунных контрольных точек, стала одним из основных подходов к лечению опухолей. В настоящее время исследуется влияние иммунных контрольных точек на МОО, чтобы определить их эффективность в качестве терапевтического средства при различных типах рака. Рак представляет собой серьезную проблему для кошек и собак. У самок кошек и собак рак молочной железы является наиболее распространенным злокачественным новообразованием, а у кошек карцинома молочной железы занимает третье место по частоте встречаемости [11].

Патогенез рака молочной железы представляет собой многофакторный процесс, в котором задействованы гормональные влияния (эндо- и экзогенные), генетические особенности, физиологические механизмы и специфические характеристики ткани молочной железы. Сигнальный путь PI3K/AKT/mTOR играет центральную роль в регуляции клеточных процессов, таких как пролиферация, устойчивость к апоптозу, инвазия, миграция, метаболизм глюкозы и репарация ДНК [15].

Цели и задачи. Цель данной работы – осуществить систематический обзор и критическую оценку текущего состояния научных знаний относительно возможностей и ограничений иммунодиагностических подходов. Исследование призвано обобщить данные о применении этих методов в дифференциальной диагностике, определении прогностических маркеров и формировании персонализированных терапевтических стратегий при злокачественных новообразованиях молочной железы у собак и кошек, а также наметить перспективы их дальнейшего развития.

Исходя из цели, были поставлены следующие задачи:

- 1) проанализировать и систематизировать современные данные о роли воспалительных процессов в патогенезе и прогрессии злокачественных опухолей молочной железы у плотоядных;
- 2) представить характеристику и провести сравнительный анализ существующих методов диагностики в онкологии мелких домашних животных;
- 3) оценить значение иммунных контрольных точек как ключевых регуляторов противоопухолевого иммунитета и обосновать перспективность их использования в качестве диагностических и прогностических биомаркеров при раке молочной железы у собак и кошек.

Материалы и методы. Процесс подготовки данного обзора включал целенаправленный поиск релевантных публикаций в международных библиографических базах данных PubMed, Scopus и Web of Science. Хотя поиск не был ограничен по времени, мы сосредоточились на работах, опубликованных за последние 5 лет. Русскоязычная литература была охвачена аналогичными запросами в базе данных eLibrary и поисковой системе Google Scholar.

Критерии отбора предусматривали включение оригинальных исследовательских статей, обзоров и мета-анализов, посвященных применению иммунодиагностических методов в онкологии молочной железы у собак и кошек. Были исключены исследования на других видах животных, работы, фокусирующиеся исключительно на терапии, тезисы конференций и публикации с недоступным полным текстом.

Из отобранных статей были извлечены данные о видах животных, типах опухолей, методах иммунодиагностики (иммуногистохимическое исследование, иммуноцитохимия), использованных маркерах и их прогностической ценности. Собранная информация была систематизирована для нарративного анализа, чтобы выявить устоявшиеся знания, дискуссионные вопросы и наметить будущие направления исследований.

Результаты исследований. Взаимосвязь между воспалительными процессами и онкогенезом является предметом многолетних научных изысканий, что описывается в работах авторов Atsumi T., Greten F. R., Tiwari A., Wen Y. с 2014 по 2022 гг. Установлено, что воспаление, в частности его хроническая форма, представляет собой ключевую характеристику злокачественных новообразований, что обуславливает его значимость как мишени для противоопухолевой терапии [15]. Воспалительный ответ является неотъемлемой частью патогенеза рака, оказывая как про-, так и противоопухолевое действие на различных стадиях развития новообразования. В этом процессе задействованы компоненты как врожденного, так и адаптивного иммунитета [3, 7, 8]. Иницилирующими факторами воспаления могут выступать различные воздействия, включая канцерогенные агенты и факторы окружающей среды. Эти факторы вызывают нарушение тканевого гомеостаза, что приводит к персистирующей иммунной активации и развитию хронического воспаления [6, 7].

Hibino S. (2021) утверждает, что для успешного применения иммунотерапии необходимо четко представлять себе структуру микроокружения опухоли и механизмы, которые препятствуют иммунному ответу. Это обусловлено тем, что иммунотерапия работает, воздействуя на эти компоненты микроокружения, в первую очередь на клетки иммунной системы [4, 9].

Как отмечается в работах Greten F., Maekawa N., Sharma P., микроокружение опухоли формируется сложной популяцией гетерогенных клеток, в которую входят стромальные элементы, неопластические клетки и компоненты иммунной системы. Отмечается высокая пластичность стромальных и неопластических клеток под действием воспалительных стимулов [7, 9]. Ключевую роль в развитии и прогрессировании раковых опухолей играет воспалительная микросреда. Эта среда может быть обнаружена как на ранних стадиях, предшествующих появлению опухоли, так и в ходе ее роста. Раковые клетки активно взаимодействуют с клетками иммунной системы, выделяя цитокины, хемокины и другие молекулы, в том числе те, что регулируют иммунный ответ (например, факторы иммунных контрольных точек). Эти взаимодействия создают условия, способствующие развитию и поддержанию опухолевого роста [7, 10, 13].

Микроокружение характеризуется наличием разнообразных воспалительных клеток, среди которых выделяются те, что играют центральную роль в канцерогенезе. Ключевыми клеточными компонентами опухолевого микроокружения являются Т-лимфоциты, включая популяции CD8⁺ и CD4⁺ (среди которых Т-хелперы 1, Т-хелперы 2 и регуляторные Т-клетки), осуществляющие модуляцию иммунных реакций. В-лимфоциты (CD20⁺) также демонстрируют противоопухолевую активность, способствуя элиминации раковых клеток [10, 15, 17].

В современной онкологии ключевым фактором является управление иммунной микросредой. Это обусловлено её влиянием на успешность иммунотерапии, а также на эффективность и результаты традиционных методов лечения рака, таких как химиотерапия [12].

На данный момент обнаружение онкологических заболеваний проводится по следующему сценарию. Первым и ключевым шагом в диагностике рака является визит к врачу. Врач осматривает пациента и собирает подробную информацию о его здоровье, включая историю болезни и изменения симптомов со временем (анамнез). Особое внимание уделяется давности появления первых признаков и скорости роста опухоли. Эта информация особенно ценна для выявления видимых форм рака, таких как рак губы, кожи, слизистой рта, мягких тканей и молочной железы. Однако опухоли внутренних органов часто развиваются незаметно, без явных ранних симптомов, нередко на фоне хронических воспалений. На начальных стадиях (I и II) злокачественные новообразования обычно безболезненны и не имеют выраженных признаков. Тем не менее, тщательный сбор анамнеза может помочь заподозрить рак даже в таких случаях.

В качестве диагностики в настоящее время проводят представленные ниже исследования.

1. Ультразвуковая диагностика – в ветеринарной медицине ультразвуковая диагностика опухолей у животных преимущественно используется для стадирования онкологического процесса, в частности, для выявления возможных метастатических очагов в абдоминальных органах [1, 18]. Тем не менее, спектр применения данного метода шире, чем простое обнаружение метастазов, поскольку он также эффективен при оценке патологий молочных желез [7].

2. Рентгенологическое исследование – томографическое исследование, включая послойное сканирование и методы контрастирования, занимает центральное место в диагностике злокачественных новообразований легких, желудка и толстой кишки. Вследствие этого данная методика является неотъемлемой частью обследования пациентов с онкологическими заболеваниями.

3. Биопсия – для постановки точного диагноза, особенно при подозрении на опухоль, проводится биопсия – забор небольшого кусочка ткани. Этот образец отправляется на гистологическое исследование, где его изучают под микроскопом. Если удаляется вся опухоль или подозрительный лимфоузел, это называется тотальной биопсией. Если же для анализа берется только часть опухоли или подозрительной ткани, это инцизионная биопсия.

4. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) – это высокочувствительный аналитический метод, применяемый в клинической лабораторной диагностике. Он основан на принципе амплификации (многократного копирования) специфического фрагмента ДНК. Этот процесс имитирует естественную репликацию нуклеиновых кислот, но осуществляется в контролируемых условиях *in vitro* с использованием термостабильных полимераз. Благодаря этому ПЦР позволяет детектировать даже единичные молекулы целевой ДНК в сложных биологических образцах [2].

Поиск новых, более действенных способов борьбы с раком является приоритетной задачей, поскольку существующие методы часто не дают желаемого результата, а их побочные эффекты вызывают серьезные опасения. В последние годы иммунотерапия зарекомендовала себя как перспективное направление, в частности, с использованием ингибиторов контрольных точек иммунного ответа [6].

В контексте клинических испытаний, где антитела применяются для модуляции ингибиторов контрольных точек иммунного ответа, низкая терапевтическая эффективность и феномен резистентности продолжают представлять собой значительные ограничения для данной категории противоопухолевых препаратов. Следовательно, параллельно с исследованием механизмов, лежащих в основе резистентности к иммуносупрессивным ингибиторам, научное сообщество фокусируется на разработке прогностических биомаркеров для оценки ответа на данную терапию. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что микроРНК, обладающие онкостатическим потенциалом, осуществляют контроль над противоопухолевым иммунным ответом посредством регуляции ингибиторов контрольных точек иммунного ответа. Применение микроРНК в терапевтических целях имеет существенное значение, обусловленное двумя ключевыми факторами. Во-первых, механизм действия микроРНК, заключающийся в модуляции экспрессии генов-мишеней, а не в их деградации, предотвращает полное подавление генной активности. Во-вторых, плейотропный эффект одной микроРНК, способной регулировать множество генов, означает, что дисрегуляция микроРНК приводит к обширным нарушениям генной экспрессии. Соответственно, восстановление нормального уровня экспрессии микроРНК может способствовать нормализации экспрессии множества целевых генов [6, 16].

Экспрессия иммунных контрольных точек наблюдается на широком спектре иммунных клеток, в том числе на Т-лимфоцитах, регуляторных В-клетках, дендритных клетках, естественных киллерах, регуляторных Т-клетках, макрофагах М2-типа и миелоидных супрессорных клетках. Эти точки играют ключевую роль в модуляции иммунного ответа. Молекулы с иммуносупрессивным действием, такие как CTLA-4, TIM-3, TIGIT, PD-1 и LAG-3, играют ключевую роль в подавлении иммунных ответов. Их функция заключается в негативной регуляции сигнальных каскадов внутри иммунных клеток, что в конечном итоге предотвращает чрезмерное или нежелательное иммунное повреждение тканей организма [6, 10, 12, 13].

В процессе онкогенеза активация ингибирующих иммунных контрольных точек в иммунных клетках приводит к подавлению эффективного противоопухолевого иммунитета, что способствует феномену иммунного ускользания при раке. Примечательно, что последние исследования показали способность самих опухолевых клеток инициировать активацию множества таких иммунных контрольных точек. Стратегия, направленная на нейтрализацию иммуносупрессивных молекул посредством применения антител или микроРНК, демонстрирует значительный терапевтический и диагностический потенциал и обнадеживающие клинические результаты. В частности, ингибиторы контрольных точек иммунитета (ICIs) представляют собой инновационный подход в иммунотерапии, способный активировать противоопухолевый иммунный ответ, опосредованный иммунными клетками, у широкого круга пациентов [5, 9, 10, 14].

Заключение. Проведенный анализ современного состояния иммунодиагностики подтвердил, что воспалительное микроокружение и регуляторные механизмы иммунных контрольных точек являются ключевыми детерминантами поведения опухолей молочной железы мелких домашних животных. Обобщенные данные свидетельствуют о высоком потенциале интеграции этих биомаркеров в существующие диагностические протоколы.

Исследования генетических и иммунных характеристик опухолей у пациентов раскрывают сложные молекулярные механизмы противоопухолевого ответа. Хотя клинические испытания уже выявили ряд перспективных новых иммунных контрольных точек, их внедрение в практику сдерживается необходимостью дополнительной проверки. Главной задачей ближайшего будущего является разработка комплексных диагностических подходов, позволяющих индивидуально подбирать оптимальный режим терапии. Устранение барьеров, сдерживающих эффективность иммунотерапии, напрямую зависит от прогресса в решении задач, поставленных в данном обзоре, что в итоге приведет к пролонгированию ремиссии и улучшению качества жизни кошек и собак.

Библиография

1. Вахрушева Т.И. Онкология: учебное пособие. Красноярск : КрасГАУ, 2018. 330 с.
2. Херсонская А.М., Амон Е.П. Типовые ошибки при диагностике методом ПЦР // Справочник заведующего КДЛ. 2008. № 5. С. 30–36.
3. Чегодаева М.Г., Татарникова Н.А. Неопластические заболевания у кошек и собак в Перми // Ветеринария. 2011. № 10. С. 61.
4. Advances in immunotherapy for breast cancer and feline mammary carcinoma: From molecular basis to novel therapeutic targets / T. Vilela, S. Valente, J. Correia, F. Ferreira // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Reviews on Cancer*. 2024. Vol. 1879. № 5. Art. № 189144.
5. Butt A.Q., Mills K.H. Immunosuppressive networks and checkpoints controlling antitumor immunity and their blockade in the development of cancer immunotherapeutics and vaccines // *Oncogene*. 2014. Vol. 33. № 38. Pp. 4623–4631.
6. Chronic inflammation, cancer development and immunotherapy / Y. Wen [et al.] // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13. Art. № 1040163.
7. Greten F.R., Grivennikov S. Inflammation and cancer: triggers, mechanisms, and consequences // *Immunity*. 2019. Vol. 51, № 1. Pp. 27–41.
8. Inflammation amplifier, a new paradigm in cancer biology / T. Atsumi, [et al.] // *Cancer Research*. 2014. Vol. 74. № 1. Pp. 8–14.
9. Inflammation-induced tumorigenesis and metastasis / S. Hibino [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 11. Art. № 5421.
10. Molecular characterization of feline immune checkpoint molecules and establishment of PD-L1 immunohistochemistry for feline tumors / N. Maekawa [et al.] // *PLoS ONE*. 2023. Vol. 18. № 1. Art. № e0281143.
11. Park J., Kwon M., Shin E.C. Immune checkpoint inhibitors for cancer treatment // *Archives of Pharmacal Research*. 2016. Vol. 39. № 11. Pp. 1577–1587.
12. PI3K/AKT/mTOR Signaling Pathway in Breast Cancer: From Molecular Landscape to Clinical Aspects / D. Miricescu [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 22. № 1. Art. № 173.
13. Sharma P., Otto M. Multifunctional nanocomposites modulating the tumor microenvironment for enhanced cancer immunotherapy // *Bioactive Materials*. 2023. Vol. 31. Pp. 440–462.
14. The importance of immune checkpoints in immune monitoring: A future paradigm shift in the treatment of cancer / H. Alemohammad [et al.] // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2022. Vol. 146. Art. № 112516.
15. Tiwari A., Trivedi R., Lin S.Y. Tumor microenvironment: barrier or opportunity towards effective cancer therapy // *Journal of Biomedical Science*. 2022. Vol. 29. Art. № 83.
16. Treating cancer with microRNA replacement therapy: A literature review / N. Hosseinahli, M. Aghapour, P.H.G. Duijf, B. Baradaran // *Journal of Cellular Physiology*. 2018. Vol. 233, № 8. Pp. 5574–5588.
17. Tumor-induced myeloid deviation: when myeloid-derived suppressor cells meet tumor-associated macrophages / S. Ugel, F. De Sanctis, S. Mandruzzato, V. Bronte // *The Journal of Clinical Investigation*. 2015. Vol. 125, № 9. Pp. 3365–3376.
18. Unraveling the tumor microenvironment: Insights into cancer metastasis and therapeutic strategies / M. El-Tanani [et al.] // *Cancer Letters*. 2024. Vol. 591. Art. № 216894.

References

1. Vakhrusheva T.I. Oncology: a textbook. Krasnoyarsk: KrasGAU, 2018. 330 p.
2. Khersonskaya A.M., Amon E.P. Typical errors in PCR diagnostics // Handbook of the head of the CDL. 2008. № 5. Pp. 30–36.
3. Chegodaeva M.G., Tatarsnikova N.A. Neoplastic diseases in cats and dogs in Perm // *Veterinary medicine*. 2011. № 10. P. 61.
4. Advances in immunotherapy for breast cancer and feline mammary carcinoma: From molecular basis to novel therapeutic targets / T. Vilela, S. Valente, J. Correia, F. Ferreira // *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Reviews on Cancer*. 2024. Vol. 1879. № 5. Art. № 189144.
5. Butt A.Q., Mills K.H. Immunosuppressive networks and checkpoints controlling antitumor immunity and their blockade in the development of cancer immunotherapeutics and vaccines // *Oncogene*. 2014. Vol. 33. № 38. Pp. 4623–4631.

6. Chronic inflammation, cancer development and immunotherapy / Y. Wen [et al.] // *Frontiers in Pharmacology*. 2022. Vol. 13. Art. № 1040163.
7. Greten F.R., Grivennikov S. Inflammation and cancer: triggers, mechanisms, and consequences // *Immunity*. 2019. Vol. 51. № 1. Pp. 27–41.
8. Inflammation amplifier, a new paradigm in cancer biology / T. Atsumi [et al.] // *Cancer Research*. 2014. Vol. 74, № 1. Pp. 8–14.
9. Inflammation-induced tumorigenesis and metastasis / S. Hibino [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 11. Art. № 5421.
10. Molecular characterization of feline immune checkpoint molecules and establishment of PD-L1 immunohistochemistry for feline tumors / N. Maekawa [et al.] // *PLoS ONE*. 2023. Vol. 18. № 1. Art. № e0281143.
11. Park J., Kwon M., Shin E.C. Immune checkpoint inhibitors for cancer treatment // *Archives of Pharmacal Research*. 2016. Vol. 39, № 11. Pp. 1577–1587.
12. PI3K/AKT/mTOR Signaling Pathway in Breast Cancer: From Molecular Landscape to Clinical Aspects / D. Miricescu [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2020. Vol. 22. № 1. Art. № 173.
13. Sharma P., Otto M. Multifunctional nanocomposites modulating the tumor microenvironment for enhanced cancer immunotherapy // *Bioactive Materials*. 2023. Vol. 31. Pp. 440–462.
14. The importance of immune checkpoints in immune monitoring: A future paradigm shift in the treatment of cancer / H. Alemohammad [et al.] // *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2022. Vol. 146. Art. № 112516.
15. Tiwari A., Trivedi R., Lin S.Y. Tumor microenvironment: barrier or opportunity towards effective cancer therapy // *Journal of Biomedical Science*. 2022. Vol. 29. Art. № 83.
16. Treating cancer with microRNA replacement therapy: A literature review / N. Hosseinahli, M. Aghapour, P.H.G. Duijf, B. Baradaran // *Journal of Cellular Physiology*. 2018. Vol. 233. № 8. Pp. 5574–5588.
17. Tumor-induced myeloid deviation: when myeloid-derived suppressor cells meet tumor-associated macrophages / S. Ugel, F. De Sanctis, S. Mandruzzato, V. Bronte // *The Journal of Clinical Investigation*. 2015. Vol. 125. № 9. Pp. 3365–3376.
18. Unraveling the tumor microenvironment: Insights into cancer metastasis and therapeutic strategies / M. El-Tanani [et al.] // *Cancer Letters*. 2024. Vol. 591. Art. № 216894.

Сведения об авторах

Козлов Евгений Сергеевич, аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, тел.: 8(987)331-40-63, e-mail: jkrus19@gmail.com;

Шелковая Анастасия Андреевна, аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, тел.: 8(906)308-22-92, e-mail: shelkovaya_nastena@mail.ru.

Information about authors

Kozlov Evgeny S., postgraduate student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 410012, Saratov, pr. Peter Stolypin, b. 4, p. 3, tel: 8(987)331-40-63, e-mail: jkrus19@gmail.com;

Shelkovava Anastasia A., postgraduate student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 410012, Saratov. Peter Stolypin, b., p. 3, tel: 8(906)308-22-92, e-mail: shelkovaya_nastena@mail.ru.

УДК 619:591.111:636.2.034:636.087.8

Р.А. Мерзленко

ОЦЕНКА БИОХИМИЧЕСКИХ ПЕЧЕНОЧНЫХ ТЕСТОВ У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ «ПРОСТОР»

Аннотация. Изменения биохимических показателей сыворотки крови проявляются на ранних стадиях патологического процесса в печени задолго до появления необратимых дегенеративных изменений в паренхиме. Поэтому очень важное значение для оценки физиологического состояния печени и организма в целом отводится проведению биохимического исследования крови. Целью нашего исследования была оценка основных биохимических печеночных тестов у лактирующих коров на фоне применения биологически активной добавки «ПроСтор». Научно-хозяйственный опыт проведен на двух группах новотельных лактирующих коров черно-пестрой породы (второй – третьей лактации) продуктивностью (около 8 тыс. молока за 305 суток лактации). Содержание коров привязное. Животные контрольной группы получали комбикорм без фитобиотической кормовой добавки «ПроСтор». Коровам опытной группы в смеси с комбикормом индивидуально 1 раз в день скармливали изучаемый пробиотик в дозе 20 г /гол./сут. Продолжительность опыта составила 45 дней. В сыворотке крови определяли основные показатели, отражающие функциональное состояние печени – общий белок, альбумины, глобулины, активность АЛТ, АСТ, щелочной фосфатазы и билирубин. Установлено, что в начале эксперимента отмечено повышенное содержание общего белка в сыворотке крови коров обеих групп (в контрольной – $102,78 \pm 3,84$, в опытной – $102,55 \pm 3,75$ г/л). По окончании опыта наблюдалась оптимизация уровня общего белка у коров опытной группы по сравнению с контролем. У животных опытной группы по отношению к контролю на 16,1 % увеличено содержание альбуминов с одновременным снижением показателя β -глобулинов на 19,5 %; относительно начала опыта также отмечено на 13,3 % увеличение содержания альбуминов и снижение β -глобулинов на 11,5 %. Активность АЛТ в сыворотке крови коров обеих групп на протяжении всего эксперимента находилась в пределах физиологической нормы, а АСТ превышала верхние референтные значения в 1,3 раза в начале эксперимента. По окончании эксперимента активность данного фермента в опытной группе по отношению к контролю на 10,1 % снизилась до физиологических значений и составила $116,83 \pm 2,25$ ед./л, а в контрольной группе снизилась с $154,25$ до $129,94$ ед./л, однако оставалась выше референтных значений. В опытной группе по отношению к контролю регистрировалось в пределах нормы увеличение активности щелочной фосфатазы на 18,6 %, а содержание билирубина снизилось на 25,7 %. Таким образом, результаты исследования показали, что применение кормовой добавки «ПроСтор» коровам опытной группы оказало на них гепатотропное воздействие и в целом положительное корректирующее влияние на физиологическое состояние их организма.

Ключевые слова: коровы, общий белок и его фракции, билирубин, ферменты – АЛТ, АСТ, щелочная фосфатаза.

EVALUATION OF BIOCHEMICAL LIVER TESTS IN LACTATING COWS AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF THE BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVE «PROSTOR»

Abstract. Changes in serum biochemical parameters are manifested in the early stages of the pathological process in the liver long before the appearance of irreversible degenerative changes in the parenchyma. Therefore, it is very important for assessing the physiological state of the liver, and the body as a whole, to conduct a biochemical blood test. The purpose of our study was to evaluate the main biochemical liver tests in lactating cows against the background of the use of the dietary supplement «Prostor». Scientific and economic experience was carried out on two groups of new lactating cows of black and variegated breed (the second – the third lactation), productivity (about 8 thousand milk per 305 days of lactation). Keeping cows tied. Animals in the control group received feed without the phytobiotic feed additive «ProStor». Cows of the experimental group mixed with compound feed were fed the studied probiotic at a dose of 1 g/head/day individually, 20 times a day. The duration of the experiment was 45 days. In serum, the main indicators reflecting the functional state of the liver were determined - total protein, albumins, globulins, ALT, AST, alkaline phosphatase and bilirubin activity. It was established that at the beginning of the experiment there was an increased content of total protein in the serum of cows of both groups (in the control group – 102.78 ± 3.84 , in the test group – 102.55 ± 3.75 g/l). At the end of the experiment, there was an optimization of the total protein level in the cows of the experimental group compared to the control. In animals of the experimental group, the content of albumins was increased by 16.1 % in relation to the control with a simultaneous decrease in the β -globulin indicator by 19.5 %; compared to the beginning of the experiment, there was also a 13.3 % increase in the content of albumin and a 11.5 % decrease in the β -globulins. ALT activity in the serum of cows of both groups throughout the experiment was within the physiological norm, and AST at the beginning of the experiment exceeded the upper reference values by 1.3 times. At the end of the experiment, the activity of this enzyme in the experimental group in relation to the control decreased by 10.1 % to physiological values and amounted to 116.83 ± 2.25 units/l, and in the control group it decreased from 154.25 to 129.94 units/l, but remained higher than the reference values. In the experimental group, an increase in alkaline phosphatase activity by 18.6 % was recorded within the normal range, and the bilirubin content decreased by 25.7 %. Thus, the results of the study showed that the use of the Prostor feed additive to cows of the experimental group had a hepatotropic effect on them and, in general, a positive corrective effect on the physiological state of their body.

Keywords: cows, total protein and its fractions, bilirubin, activity enzymes – ALT, AST, alkaline phosphatase.

Введение. Известно, что достижение высоких показателей продуктивности возможно только при условии обеспечения биологических потребностей животных. Однако с увеличением продуктивности животных и интенсивности их использования возрастает риск несоответствия между физиологическими возможностями организма и реальными условиями их жизнеобеспечивающей функции.

Такие условия содержания приводят к нарушению обменных процессов и к развитию негативных последствий в функционировании органов и систем животных. Метаболические нарушения становятся пусковым механизмом для возникновения ряда заболеваний.

В общей структуре заболеваний сельскохозяйственных животных, особенно тех, которые содержатся на крупных комплексах и постоянно подвергаются различным неблагоприятным воздействиям внешней среды, болезни печени занима-

ют ведущее место. Причиной всех заболеваний печени являются, прежде всего, нарушения в кормлении животных, загрязнение кормов пестицидами, микотоксинами и др. [13, 16, 18, 20].

Поэтому перед учеными и практическими ветеринарными специалистами остро встает вопрос поиска эффективных комплексных полифункциональных препаратов для стабилизации функционального состояния печени у животных.

Для лечения и профилактики заболеваний печени, в зависимости от поставленного диагноза, используют препараты разных фармакологических групп: противовоспалительные, ферментные, спазмолитики, витаминно-минеральные комплексы, гепатопротекторы и др. [4, 14, 17, 19].

В последние годы из большого набора изучаемых биологически активных веществ значительное внимание уделяется пробиотическим препаратам, содержащим спорообразующие бактерии рода *Bacillus* [7].

Также установлено, что биологически активные вещества (метаболиты) в составе фугата штамма *B. subtilis* B-3679 не только обладают выраженным цитопротекторным действием, но и положительно влияют на регенеративные способности клеток печени, что является значимым фактором для дальнейшего перспективного использования данного штамма в качестве биокомпонента нового биогепапротектора [6].

Как правило, комплексные препараты оказывают более выраженное действие, чем каждый компонент в отдельности. В этом отношении интересны данные об исследованиях комплексных растительных концентратов с пробиотиком на основе бактерии *Bacillus subtilis* [11, 15]. В качестве фитобиотика используются ферментированные пробиотиком листья облепихи, а также смесь травы эхинацеи пурпурной с плодами расторопши пятнистой.

Исследуемый препарат в виде биологически активной добавки «ПроСтор» содержит пробиотическую составляющую (живые спорообразующие микроорганизмы *Bacillus subtilis*), их биологически активные метаболиты, фитоконпоненты и лекарственные травы (трава эхинацеи пурпурной, плоды расторопши пятнистой).

Многообразие и сложность взаимоотношений различных биологически активных веществ требует исключительного внимания к их применению, а иногда и дополнительных исследований для выяснения положительного или отрицательного их действия.

В связи с этим проведение экспериментальных исследований по изучению влияния на организм животных новых биологически активных кормовых добавок с целью их внедрения в производство является весьма актуальной проблемой.

Изменения биохимических показателей сыворотки крови проявляются на ранних стадиях патологического процесса в печени задолго до появления необратимых дегенеративных изменений в паренхиме [9]. Поэтому очень важное значение для оценки физиологического состояния печени и организма в целом отводится проведению биохимическому исследованию крови [1, 2, 5, 10, 12].

В ветеринарии к основным биохимическим печеночным тестам, отражающим функциональное состояние печени, относят общий белок и его фракции, билирубин, энзимы – аланинаминотрансферазу (АЛТ), аспаратаминотрансферазу (АСТ) и щелочную фосфатазу (ЩФ). Белки крови выполняют множество функций: поддерживают постоянство онкотического давления, рН крови, уровень в ней катионов, большую роль играют в формировании иммунитета, комплексов с липидами, углеводами, гормонами и другими веществами.

При лабораторной диагностике патологических состояний печени важно знать не только концентрацию общего белка сыворотки крови, но распределение по фракциям, поскольку синтез альбуминов происходит непосредственно в гепатоцитах. Определение количества альбумина сыворотки крови является индикаторным. На долю альбуминов приходится около 60 % всех белков плазмы. За счет относительно небольшой молекулярной массы и высокой концентрации они создают 80 % онкотического давления. Альбумины также осуществляют питательную функцию, являются резервуаром аминокислот для синтеза белков. Транспортная функция их заключается в переносе жирных кислот, холестерина, билирубина, солей жирных кислот и тяжелых металлов, лекарственных препаратов (антибиотики, сульфаниламиды).

Синтез глобулинов происходит в печени, костном мозге, селезенке, лимфатических узлах. Они подразделяются на фракции: α -, β - и γ -глобулины. α -Глобулины включают гликопротеины – белки, простетической группой которых являются углеводы. В составе гликопротеинов циркулирует около 60 % глюкозы всей плазмы. α -Глобулины участвуют в транспорте гормонов, микроэлементов, витаминов, липидов. К α -глобулинам относятся эритропоэтин, плазминоген, протромбин. β -Глобулины участвуют в транспорте фосфолипидов, холестерина, стероидных гормонов, катионов металлов. К этой фракции относится белок трансферин, участвующий в транспорте железа, и многие факторы свертывания крови. Фракция γ -глобулинов включает в себя различные антитела или иммуноглобулины, их 5 классов: Jg A, Jg G, Jg M, J D, Jg E, осуществляющие функцию защиты организма от бактерий и вирусов.

Биохимические исследования метаболитов обмена белка в сыворотке крови животных имеют зависимость от породы, продуктивности, физиологического состояния, кормления и условий содержания. В нормальных условиях эти показатели варьируют в довольно жестких пределах, при патологии печени концентрация сывороточных белков может изменяться, чаще всего в сторону снижения за счёт альбуминовой фракции. Гипопротеинемия развивается на фоне дистрофии, цирроза и воспаления печени. Гиперпротеинемия может свидетельствовать о белковом перекорме, дегидратации, потере жидкой части крови за счёт формирования отёков.

Трансаминазы – ферменты, катализируют перенос аминогруппы от аминокислоты к кетокислоте. В сыворотке крови чаще определяют активность АЛТ и АСТ. АЛТ содержится в тканях организма, и особенно много в печени, что имеет большое диагностическое значение при заболеваниях гепатобилиарной системы. Повышение активности отмечается при гепатитах, механической желтухе, циррозе печени, введении гепатотоксических веществ. При патологиях печени повышение активности этого фермента в сыворотке крови происходит за 1–4 недели до развития клинических признаков и за 7–10 дней до обнаружения повышенного содержания билирубина в крови. АСТ содержится в сердце, печени, скелетной мускулатуре. При поражении миокарда, заболеваниях печени увеличение её активности происходит в 4–5 раз.

ЩФ – фермент, катализирующий отщепление фосфорной кислоты от её органических соединений. Максимальную активность проявляет при щелочных рН (8,6–10). Синтез этого фермента осуществляется в основном из костной ткани и печени.

Билирубин – желчный пигмент, который образуется в клетках ретикуло-эндотелиальной системы из гемоглобина разрушенных эритроцитов. Билирубин ядовит, в воде нерастворим и не выделяется почками. В крови он образует непочный комплекс с альбумином, вследствие чего снижается его токсичность. Такой билирубин называется свободным или непрямым (неконъюгированным). В печени происходит экстракция билирубина из комплекса с альбумином и его соединение (конъюгирование) с глюкуроновой кислотой. Соединения билирубина с глюкуроновой кислотой – моно- и диглюкурони-

ды – растворимы в воде, называются прямым (связанным) билирубином, который выделяется в желчь и поступает в кишечник, где превращается в уробилиноген. В сыворотке крови здоровых животных содержится только непрямой билирубин.

Исходя из изложенного выше, целью нашего исследования была оценка основных биохимических печеночных тестов у лактирующих коров на фоне применения биологически активной добавки «ПроСтор».

Материал и методы исследования. Для реализации поставленной цели в СПК «Колхоз имени Горина» Белгородского района Белгородской области был проведен научно-хозяйственный опыт на двух группах новотельных лактирующих коров черно-пестрой породы (бессоновский тип) по 10 голов в каждой, подобранных по принципу аналогов (второй – третьей лактации) с учетом клинического состояния, живой массы (650 кг), продуктивности (около 8 тыс. л. молока за 305 суток лактации). Содержание коров привязное. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Кол-во коров	Продолжительность опыта, суток	Характеристика кормления, доза и способ введения препарата
1 – контрольная	10	45	Основной рацион (ОР)
2 – опытная	10	45	ОР + ПроСтор в дозе 20 г/гол./сут.

Животные контрольной группы получали комбикорм без пробиотика. Коровам опытной группы в смеси с комбикормом индивидуально 1 раз в день скармливали изучаемый пробиотик в дозе 20 г /гол./сут.

В течение эксперимента в обеих группах проводили наблюдение за клиническим состоянием животных.

Продолжительность опыта составила 45 дней.

Основной рацион контрольной и опытной групп состоял из имеющихся в хозяйстве кормов (кг на 1 голову в сутки): сено люцерновое – 2,5, сенаж люцерновый – 6, силос кукурузный – 20,5, жом свекловичный – 10, комбикорм – 8,5, глицерин – 0,2, вода – 5. Всего коровы получали 47,7 кг натурального корма, что составляет 22,5 кг сухого вещества на голову в сутки.

Отбор проб крови для оценки работы печени проводили в начале и в конце научно-хозяйственного опыта. В сыворотке крови на биохимическом анализаторе Hitachi BM 902 определяли общий белок, альбумины, глобулины, активность ферментов переаминирования – АЛТ и АСТ, ЩФ и билирубин. Полученные в эксперименте данные обрабатывали методом вариационной статистики. Результаты рассматривались как достоверные, начиная со значения $p \leq 0,05$ и менее.

Результаты исследования. На протяжении опытного периода все животные были клинически здоровы, поедаемость кормов коровами обеих групп была одинаково хорошей.

Результаты изменений исследуемых биохимических показателей крови коров отражены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Показатели биохимических печеночных тестов коров, (n=10), M±m

Показатель	Начало опыта		Окончание опыта		Референтные значения
	контрольная	опытная	контрольная	опытная	
Белок общий, г/л	102,78±3,84	102,55±3,75	99,40±2,97	96,43±2,83	72–86 [8]
АЛТ, ед./л	19,66±0,87	19,33±0,92	16,42±0,74 ^x	14,71±0,69 ^{oo}	6,9–35,3 [3]
АСТ, ед./л	154,25±4,27	161,38±5,17	129,94±3,08 ^{xx}	116,83±2,25 ^{**ooo}	80–120 [3]
ЩФ, ед./л	62,02±9,24	63,49±10,17	54,86±8,64	65,06±9,13	17,5–152,7 [3]
Билирубин, мкмоль/л	5,02±0,24	5,19±0,27	5,06±0,33	3,76±0,42 ^o	0,2–5,1 [8]

Примечание: $*p \leq 0,05$, $**p \leq 0,01$ – разница статистически достоверная в сравнении с контрольной группой по окончании опыта; ^x $p \leq 0,05$, ^{xx} $p \leq 0,01$, – разница статистически достоверная в контрольной группе (начало опыта – окончание опыта); ^o $p \leq 0,05$, ^{oo} $p \leq 0,01$, ^{ooo} $p \leq 0,001$ – разница статистически достоверная в опытной группе (начало опыта – окончание опыта).

Таблица 3 – Содержание белковых фракций в сыворотке крови коров, (n=10), M±m

Показатель	Начало опыта		Окончание опыта		Референтные значения
	контрольная	опытная	контрольная	опытная	
Альбумины, %	36,02±1,13	34,34±1,08	35,26±0,80	38,92±0,94 ^{**oo}	38–50 [8]
α-глобулины, %	12,93±0,32	13,24±0,28	12,26±0,46	12,53±0,34	12–20 [8]
β-глобулины, %	18,47±0,92	17,19±0,83	19,17±0,86	15,43±0,57 ^{**}	10–16 [8]
γ-глобулины, %	32,58±1,25	35,23±1,06	33,31±0,88	31,12±0,99 ^o	25–40 [8]

Примечание: $**p \leq 0,01$ – разница статистически достоверная в сравнении с контрольной группой по окончании опыта; ^o $p \leq 0,05$, ^{oo} $p \leq 0,01$ – разница статистически достоверная в опытной группе (начало опыта – окончание опыта).

В начале эксперимента отмечено повышенное содержание общего белка в сыворотке крови коров обеих групп (в контрольной – 102,78±3,84, в опытной – 102,55±3,75 г/л). Уровень содержания белка в крови превышал референтные значения (70–92 г/л) в 1,1–1,5 раза. Это повышение, по-видимому, связано с более интенсивным обменом веществ и избыточным поступлением белка с кормами. По окончании опыта наблюдалась оптимизация уровня общего белка у коров опытной группы по сравнению с контролем.

При более детальном изучении белковой картины сыворотки крови, а именно белковых фракций, нами установлено, что по окончании эксперимента у коров опытной группы по отношению к контролю достоверно на 16,1 % увеличено содержание транспортного белка – альбуминов – с одновременным снижением показателя β-глобулинов на 19,5 % (при $p \leq 0,01$ в обоих случаях). По окончании скармливания препарата в опытной группе относительно начала опыта также отмечено достоверное на 13,3 % увеличение содержания альбуминов ($p \leq 0,01$) и снижение β-глобулинов на 11,5 % ($p \leq 0,05$). Эти изменения, по нашему мнению, указывают на активизацию функции гепатоцитов у коров опытной группы под влиянием биологически активной добавки «ПроСтор».

Активность фермента АЛТ в сыворотке крови коров обеих групп на протяжении всего эксперимента находилось в пределах физиологической нормы, а АСТ в начале эксперимента, наоборот, превышала верхние референтные значения в 1,3

раза. По окончании эксперимента активность данного фермента в опытной группе по отношению к контролю достоверно ($p \leq 0,01$) на 10,1 % снизилась до физиологических значений и составила $116,83 \pm 2,25$ ед./л. В контрольной группе активность АСТ снизилась от первоначальных значений (с 154,25 до 129,94 ед./л), однако оставалась выше референтных значений.

Отмеченные изменения показателей белкового обмена и активности ферментов переаминирования могут косвенно свидетельствовать о нарушении проницаемости мембран гепатоцитов, вызванном повреждением, репаративной или регенеративной активностью и метаболическими изменениями, вследствие чего данные ферменты активно поступают в кровь, что является следствием переболевания коров острыми эндометритами, миокардитами и белкового перекорма.

В опытной группе по отношению к контролю регистрировалось в пределах нормы повышение активности ЩФ на 18,6 %. Содержание общего билирубина достоверно ($p \leq 0,05$) снизилось на 25,7 %, что свидетельствует о нормализации пигментного обмена.

Таким образом, результаты исследования показали, что применение кормовой добавки «ПроСтор» коровам опытной группы оказало на них гепатопротекторное воздействие и в целом положительное корректирующее влияние на физиологическое состояние их организма.

Заключение. Для нормализации функционального состояния печени и общего физиологического состояния организма лактирующих коров рекомендуем применять кормовую добавку «ПроСтор» из расчёта 20 г на голову.

Библиография

1. Гнездилова Л.А., Дронов В.В. Динамика клинических симптомов и биохимических показателей сыворотки крови коров в условиях геодефицитной зоны в зависимости от породы, технологии содержания и продуктивности животных // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке: материалы XXVII Международной научно-производственной конференции. Майский: Белгородский ГАУ, 2023. С. 252–253.
2. Головки А.Б., Яковлева Е.Г. Оценка биохимического статуса лабораторных крыс при экспериментальном гепатите // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2. С. 79–85.
3. Контроль биохимического статуса свиней и коров: руководство / И. В. Гусев и др. М. : ФГБНУ ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2019. 40 с.
4. Добрунов Р.А., Мерзленко Р.А. Клинический статус и гематологические показатели у коров при применении гепатоника и экстракта сапропеля // Современные научно-практические достижения в ветеринарии: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции, Киров, 10–11 апреля 2014 г. Киров : ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2014. Вып. 5. С. 21–25.
5. Дронов В.В., Сноз Г.В., Горшков Г.И. Состояние здоровья коров и гипотрофия телят // РВЖ. Сельскохозяйственные животные. 2013. № 1. С. 6–8.
6. Забокрицкий Н.А. Экспериментальная оценка цитопротекторного действия пробиотических метаболитов и критерии отбора штаммов *Bacillus subtilis* для конструирования нового иммуотропного биогеатопротектора // Российский иммунологический журнал. 2021. № 2(24). С. 167–174.
7. Скрининг спорообразующих бактерий основы препарата для нормализации рубцового пищеварения крупного рогатого скота / К. В. Кантор, Н. В. Нахаева, Т. В. Романовская и др. // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. 2020. Т. 12. С. 99–112.
8. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики / И. П. Кондрахин и др. М. : Колос. 2004. 520 с.
9. Диагностическое значение биохимических показателей крови при гепатопатологиях / Е. В. Кузьминова, М. П. Семенов, Е. А. Старикова, Т. В. Михалева // Ветеринария Кубани. 2013. № 5. С. 11–13.
10. Кулаченко И.В. Функциональное состояние гепатобилиарной системы высокопродуктивных молочных коров в первый период лактации // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 4(30). С. 15–18.
11. Мерзленко Р.А., Барило О.А. Эффективность использования фитобиотиков в животноводстве // Актуальные вопросы современной ветеринарии: материалы национальной научно-производственной конференции. Майский, 1 декабря 2021 г. Майский : ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. С. 51–54.
12. Барило О.А., Мерзленко Р.А., Артюх В.М. Оценка влияния ДБА «Энервит» на некоторые биохимические показатели крови и состав микрофлоры кишечника телят // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. 2022. Т. 8(74). № 3. С. 3–13.
13. Мищенко В.А., Мищенко А.В. Проблема патологии печени у высокопродуктивных коров // Ярославский агро-вестник. 2015. № 1. С. 16–17.
14. Гепатозащитная активность ликверола / М. П. Семенов, О. А. Фомин, С. И. Кононенко, Е. В. Кузьминова // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. № 4(45). С. 116–123.
15. Новое поколение пробиотических препаратов кормового назначения / Н. А. Ушакова и др. // Фундаментальные исследования. 2012. № 1. С. 184–192.
16. Яковлева Е.Г. Пирролизидиновые алкалоиды растений семейства бурачниковых и их гепатотоксическое действие на животных // Сельскохозяйственная биология. 2003. № 2(38). С. 90–94.
17. Яковлева Е.Г., Дронов В.В., Горшков Г.И. Клиническая картина, дифференциальная диагностика и подбор лекарственных средств в зависимости от патогенеза циноглоссотоксикоза жвачных животных // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7–4. С. 716–719.
18. Яковлева Е.Г., Дронов В.В. Результаты мониторинга полей и естественных пастбищ трех районов Белгородской области на предмет обнаружения растений, вызывающих поражения печени // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии 2018. № 1(7). С. 31–34.
19. Яковлева Е.Г. Отравление животных пирролизидинами: монография. Белгород : Политерра, 2018. 102 с.
20. Яковлева Е.Г., Дронов В.В. Гистологическая картина печени при фитотоксикозе у телят // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2022. № 1(23). С. 30–36.

References

1. Gnezdilova L.A., Dronov V.V. Dynamics of clinical symptoms and biochemical parameters of blood serum of cows in a geo-deficient zone depending on the breed, housing technology and animal productivity // Challenges and innovative solutions in agricultural science: Proceedings of the XXVII International scientific and production conference. Maysky : Belgorod SAU, 2023. Pp. 252–253.

2. Golovko A.B., Yakovleva E.G. Assessment of the biochemical status of laboratory rats with experimental hepatitis // Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2024. № 2. Pp. 79–85.
3. Monitoring the biochemical status of pigs and cows: a guide / I. V. Gusev et al. Moscow : FGBNU VIZh im. L.K. Ernst, 2019. 40 p.
4. Dobrunov R.A., Merzlenko R.A. Clinical status and hematological parameters in cows treated with hepatonic and spropel extract // Modern scientific and practical achievements in veterinary medicine: collected articles from the All-Russian scientific and practical conference, Kirov, April 10-11, 2014. Kirov : Vyatka State Agricultural Academy, 2014. Issue 5. Pp. 21–25.
5. Dronov V.V., Snoz G.V., Gorshkov G.I. Health status of cows and hypotrophy of calves // Russian Veterinary Journal. Farm Animals. 2013. № 1. Pp. 6–8.
6. Zabokritsky N.A. Experimental evaluation of the cytoprotective effect of probiotic metabolites and criteria for selecting *Bacillus subtilis* strains for constructing a new immunotropic biohepatoprotector // Russian Journal of Immunology. 2021. № 2(24). Pp. 167–174.
7. Screening of spore-forming bacteria as the basis of a drug for normalizing rumen digestion in cattle / K. V. Kantor, N. V. Nakhaeva, T. V. Romanovskaya, et al. // Microbial biotechnology: fundamental and applied aspects. 2020. Vol. 12. Pp. 99–112.
8. Methods of veterinary clinical laboratory diagnostics / I. P. Kondrakhin et al. Moscow : Kolos. 2004. 520 p.
9. Diagnostic value of biochemical blood parameters in hepatopathologies / E. V. Kuzminova, M. P. Semenenko, E. A. Starikova, T. V. Mikhaleva // Veterinary Science of Kuban. 2013. № 5. Pp. 11–13.
10. Kulachenko I.V. Functional State of the Hepatobiliary System of Highly Producing Dairy Cows in the First Period of Lactation // Current Issues in Agricultural Biology. 2023. № 4(30). Pp. 15–18.
11. Merzlenko R.A., Barilo O.A. Efficiency of Using Phytobiotics in Animal Husbandry // Current Issues in Modern Veterinary Medicine: Proceedings of the National Scientific and Production Conference. Maisky, December 1, 2021. Maisky : Belgorod State Agricultural University, 2021. Pp. 51–54.
12. Barilo O.A., Merzlenko R.A., Artyukh V.M. Evaluation of the effect of the DBA «Enervit» on some biochemical parameters of blood and the composition of the intestinal microflora of calves // Scientific Notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Biology. Chemistry. 2022. Vol. 8(74). № 3. Pp. 3–13.
13. Mishchenko V.A., Mishchenko A.V. The problem of liver pathology in highly productive cows // Yaroslavl Agrovestnik. 2015. № 1. Pp. 16–17.
14. Hepatoprotective activity of likverol / M. P. Semenenko, O. A. Fomin, S. I. Kononenko, E. V. Kuzminova // Bulletin of the Novosibirsk State Agrarian University. 2017. № 4(45). P. 116–123.
15. A new generation of probiotic preparations for feed purposes / N. A. Ushakova et al. // Fundamental Research. 2012. № 1. Pp. 184–192.
16. Yakovleva E.G. Pyrrolizidine alkaloids of plants of the borage family and their hepatotoxic effect on animals // Agricultural Biology. 2003. № 2 (38). Pp. 90–94.
17. Yakovleva E.G., Dronov V.V., Gorshkov G.I. Clinical picture, differential diagnostics and selection of drugs depending on the pathogenesis of cynoglossotoxicosis in ruminants // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2016. № 7–4. Pp. 716–719.
18. Yakovleva E.G., Dronov V.V. Results of monitoring fields and natural pastures in three districts of the Belgorod region for plants that cause liver damage // Current Issues in Agricultural Biology 2018. № 1(7). Pp. 31–34.
19. Yakovleva E.G. Animal poisoning with pyrrolizidines: monograph. Belgorod : Politerra, 2018. 102 p.
20. Yakovleva E.G. Dronov V.V. Histological picture of the liver in phytotoxicosis in calves // Current Issues in Agricultural Biology. 2022. № 1(23). Pp. 30–36.

Сведения об авторах

Мерзленко Руслан Александрович, доктор ветеринарных наук, профессор, профессор факультета ветеринарной медицины, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 308503, п. Майский Белгородского района Белгородской области, ул. Вавилова, 1, Россия, тел.: 8(4722) 39-21-79, +7 9038875774, e-mail: info@belgau.ru.

Information about authors

Merzlenko Ruslan A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Professor of the Faculty of Veterinary Medicine, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 308503, Maisky, Belgorod region, ul. Vavilova, 1, Russia, tel.: 8(4722) 39-21-79, +7 9038875774, e-mail: info@belgau.ru.

РЕНТГЕНОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СКЕЛЕТА КОНЕЧНОСТЕЙ У ЖИВОТНЫХ

Аннотация. В статье представлены рентгеноморфологические и рентгенометрические критерии оценки состояния скелета у животных. К ним относится индекс развития компакты в середине диафиза трубчатой кости, отражающий степень ее минерализации и биомеханический потенциал. Исследования выполнены на кафедре анатомии и гистологии животных имени А. Ф. Климова МГАВМиБ-МБА им. К. И. Скрябина. Объектом исследования избраны половозрелые особи двух семейств: куньих (американская норка) – стопоходящее животное – и представитель псовых (серебристо-черная лисица), характеризующаяся пальцеходением, разводимые в условиях зверосовхоза. Все животные (n=40) были клинически здоровы, находились на хозяйственном рационе. Материалом для исследования являлись скелетные звенья тазовой конечности. Использовали комплексный методический подход: обычное и тонкое анатомическое препарирование, обзорную рентгенографию, рентгенограмметрию, светооптическое изучение окрашенных гематоксилином и эозином гистологических срезов компактного вещества диафиза бедренной кости с последующей микроморфометрией по классическим методам. На основании полученных данных показано, что норка превосходит лисицу по индексу компактизации кости, что находит подтверждение в результатах гистологического исследования компакты диафиза бедренной кости и микроморфометрии. Объективным в оценке состояния скелета является, по нашему мнению, медуллярный указатель кости, который свидетельствует об интенсивности эндостальной резорбции костного вещества при ремоделировании микроархитектоники костной ткани.

Ключевые слова: норка, лисица, тазовая конечность, бедренная кость, большеберцовая кость.

X-RAY MORPHOLOGICAL CRITERIA FOR ASSESSING THE CONDITION OF THE ANIMAL'S SKELETAL SYSTEM

Abstract. The article presents X-ray morphological and radiometric criteria for assessing skeletal condition in animals. These include: the index of the development of compacta in the middle of the diaphysis of the tubular bone, reflecting the degree of its mineralization and biomechanical potential. The research was performed at the Department of Anatomy and Histology of Animals named after A. F. Klimov MGAVMiB-MBA named after K. I. Scriabin. The object of the study was sexually mature individuals of two families: marten (American mink), a foot-walking animal, and a representative of canids (silver-black fox), characterized by finger-walking, bred in animal husbandry conditions. All animals (n=40) were clinically healthy and were on a household diet. The skeletal links of the pelvic limb were the material for the study. A comprehensive methodological approach was used: conventional and fine anatomical dissection, X-ray imaging, X-ray diffraction, and light-optical examination of hematoxylin and eosin-stained histological sections of the compact substance of the femoral diaphysis, followed by micromorphometry using classical methods. Based on the data obtained, it is shown that the mink surpasses the fox in terms of bone compactification index, which is confirmed by the results of histological examination of the femoral diaphysis compacta and micromorphometry. In our opinion, the medullary index of bone is objective in assessing the state of the skeleton, which indicates the intensity of endosteal resorption of bone substance during remodeling of bone microarchitectonics.

Keywords: mink, fox, pelvic limb, femur, tibia.

Введение. Совершенствование классических интраскопических методов оценки состояния костной системы животных остается одной из актуальных проблем клинической анатомии, имеющей прикладное значение для ветеринарной медицины. Несмотря на достигнутые успехи в данном направлении, до настоящего времени не установлены нормативные видовые, внутривидовые и породные признаки скелета, не полностью раскрыты его адапционно-компенсаторные преобразования, обусловленные влиянием совокупности как экзогенных, так и эндогенных факторов и, прежде всего, условий содержания животных [1, 2, 5]. Анализ данных литературы и результатов собственных исследований свидетельствует, что скелет – чрезвычайно лабильная, полифункциональная система, чутко реагирующая на их влияние адаптивными преобразованиями, проявляющимися на всех уровнях структурной организации кости как органа [3, 4, 6, 7, 8]. Вместе с тем следует подчеркнуть, что подобного рода перестройки, часто носящие приспособительно-компенсаторный характер, являются триггером возникновения и развития субклинической формы остеопатологий, диагностика которой требует комплексного методического подхода.

Цель исследования – разработать диагностически целесообразные морфологические критерии оценки состояния скелета конечностей на примере модельных объектов – пушных зверей, отличающихся механизмом стато-локомоторного акта.

Материал и методы исследования. Объектом исследования избраны половозрелые особи двух семейств: куньих (американская норка) – стопоходящее животное – и представитель псовых (серебристо-черная лисица), характеризующаяся пальцеходением, разводимые в условиях зверосовхоза Салтыковский Московской области. Все животные (n=40) были клинически здоровы, находились на хозяйственном рационе. Материалом для исследования являлись скелетные звенья тазовой конечности. Использовали комплексный методический подход: обычное и тонкое анатомическое препарирование, обзорную рентгенографию, рентгенограмметрию, светооптическое изучение окрашенных гематоксилином и эозином гистологических срезов компактного вещества диафиза бедренной кости с последующей микроморфометрией по классическим методам.

Результаты исследования. При проведении анатомических и рентгеноанатомических исследований определяли как абсолютные, так и относительные параметры длинных трубчатых костей, а также индексы их роста и развития, в том числе индексы массивности, грацильности, развитости компакты, медуллярный указатель. Оценивали рентгеноанатомические признаки скелетных звеньев: их форму, контуры, костную структуру в эпифизах и диафизе, наличие ядер окостенения, состояние суставной щели. Цифровой материал подвергали статистической обработке по общепринятым методам.

На основании проведенных макроморфологических и морфометрических исследований установлены средние значения индексов развития длинных трубчатых костей у изучаемых животных (табл. 1).

Таблица 1 – Индексы роста и развития длинных трубчатых костей тазовой конечности*

Вид животного	Индекс	Наименование кости	
		бедренная	большеберцовая
Норка (n=20)	ИОМ (индекс относительной массивности)	3,53±0,14	2,5±0,11
	Индекс грацильности	30,74±1,32	41,10±0,12
Лисица (n=20)	ИОМ (индекс относительной массивности)	2,21±0,11	1,89±0,13
	Индекс грацильности	44,50±1,31	54,6±1,20

*Различия между сравниваемыми величинами достоверны $p \leq 0,05$

При этом показано, что стопоходящая норка с высокой вероятностью достоверности различий ($p \leq 0,05$) опережает пальцеходящую лисицу по показателю относительной массивности скелетных звеньев, но уступает ей по параметру их грацильности (табл. 1).

При визуальном изучении остерентгенограмм установлено, что у изучаемых зверей к периоду плановой хозяйственной эвтаназии практически завершено структурное формирование скелетных звеньев стило- и зейгоподия тазовой конечности. Их спонгиозные отделы характеризуются значительной массивностью по протяженности, распространяясь в метадиафизарные отделы костной трубки. В области эпифизов трубчатых костей выявлено ориентированное распределение балочных структур, имеющих параллельную направленность относительно продольной оси кости с усилением рентгеноплотности в дистальном эпифизе. У норки рентгеноплотность заметно преобладает в медиальном мышцелке бедренной кости, по сравнению с латеральным, несущем в коленном суставе у стопоходящих основную нагрузку. При оценке компактного вещества выявлено, что у норки оно характеризуется утолщением в середине диафиза трубчатых костей, в то время как у лисицы компакта равномерна по толщине в пределах всего диафиза (рис. 1).



Рис. 1 – Рентгенограмма длинных трубчатых костей тазовой конечности (А – норка, Б – лисица): 1 – утолщение компакты в середине диафизарной трубки, 2 – равномерное развитие компакты в пределах диафиза

На основании анализа полученных результатов нами установлены значения индексов развития компакты длинных трубчатых костей тазовой конечности у изучаемых пушных зверей, составляющие, по усредненным показателям, у норки $52 \pm 0,62$ в бедренной и $65,33 \pm 0,94$ в большеберцовой, у лисицы – соответственно $29,7 \pm 0,71$ и $40,6 \pm 0,33$, которые, по нашему мнению, могут являться нормативными при оценке состояния скелета у изучаемых животных. Что касается медуллярного указателя, то его значения распределились следующим образом: для бедренной и большеберцовой костей норки он составил $47,2 \pm 0,6$ и $34,5 \pm 0,9$, в то время как для аналогичных костей лисицы – $64,0 \pm 1,9$ и $48,0 \pm 1,33$ соответственно. Полученные данные сопоставляли с результатами гистологического исследования, поскольку при дешифровке рентгеноанатомической информации имеет место проекционное наложение структур кости, в том числе компакты, по сечению костного диафиза. Определяли средние значения толщины компактного вещества в краниальном, каудальном, латеральном и медиальном отделах (секторах) диафизарной трубки бедренной кости. Из анализа установленных величин следует, что ростовые процессы по сечению диафиза протекают у изучаемых животных неравномерно, что обусловлено различием в распределении статодинамической нагрузки, воспринимаемой костью от массы тела, силовых сокращений мышц, опорно-локомоторных нагрузок.

Так, у норки остеопластические процессы наиболее интенсивны в латеро-каудальных секторах диафизарной трубки, в то время как у лисицы – в ее каудальном отделе. Минимальные показатели, отражающие интенсивность ростовых процессов компакты, выявлены у норки в краниальном секторе диафиза бедренной кости, в то время как у лисицы – в медиальном. Более того, амфибиот норка опережает лисицу по показателю соотношения внутреннего диаметра кости к ее наружному диаметру. Аналогичная картина обнаружена при анализе планиметрических показателей, отражающих индекс компактизации кости как отношение площади компакты к площади её диафиза ($0,69 \pm 0,15$ у норки против $0,51 \pm 0,01$ у лисицы в бедренной кости и соответственно $0,78 \pm 0,03$ и $0,67 \pm 0,01$ – в большеберцовой кости). Установленные видовые микрометрические показатели степени развития и распределения компакты соответствуют таковым, выявленным при анализе рентгеноанатомических и рентгенометрических данных, и вносят дополнения в комплексную оценку состояния костной системы у животных.

Изучение микроморфологической картины компакты позволило высказать положение о структурных механизмах остеопластического процесса у изучаемых животных. Так, периостальный прирост костного вещества распределяется непропорционально по отношению к общей толщине компакты (табл. 2). Столь же непропорциональным является распределение прироста эндостального пластинчатого комплекса (табл. 3), что может быть обусловлено неодинаковой биомеханической нагрузкой, испытываемой отделами диафиза у стопо- и пальцеходящих животных.

Таблица 2 – Толщина компакты диафиза бедренной кости по данным гистологического исследования*

Вид животного	Толщина компакты в отделах диафиза, мкм			
	краниальный	каудальный	латеральный	медиальный
Норка	$764,71 \pm 11,72$	$910,25 \pm 20,52$	$966,0 \pm 3,21$	$870,21 \pm 3,24$
Лисица	$953 \pm 12,3$	$1168 \pm 16,2$	$970 \pm 3,5$	$935 \pm 2,13$

*Различия между сравниваемыми величинами достоверны $p \leq 0,05$

Таблица 3 – Соотношение структурных зон в компакте диафиза бедренной кости

Вид животного	Представительство зон, %											
	Краниальный			Каудальный			Латеральный			Медиальный		
	Зона периостальных костных пластин	Зона остеонных систем	Зона эндостальных костных пластин	Зона периостальных костных пластин	Зона остеонных систем	Зона эндостальных костных пластин	Зона периостальных костных пластин	Зона остеонных систем	Зона эндостальных костных пластин	Зона периостальных костных пластин	Зона остеонных систем	Зона эндостальных костных пластин
Норка	13	79	8	11	80	9	8	85	7	7	86	7
Лисица	6	83	11	8	84	8	5	91	4	4	92	4

Исходя из анализа полученных данных, следует, что норка опережает лисицу по вкладу в остеопластический процесс периостального пластинчатого комплекса, в то время как у лисицы прирост компакты в кранио-каудальном отделе происходит за счет увеличения толщины эндостальных костных пластин, по сравнению с периостальными, в латеро-медиальных отделах их представительство практически равнозначно (рис. 2, 3).

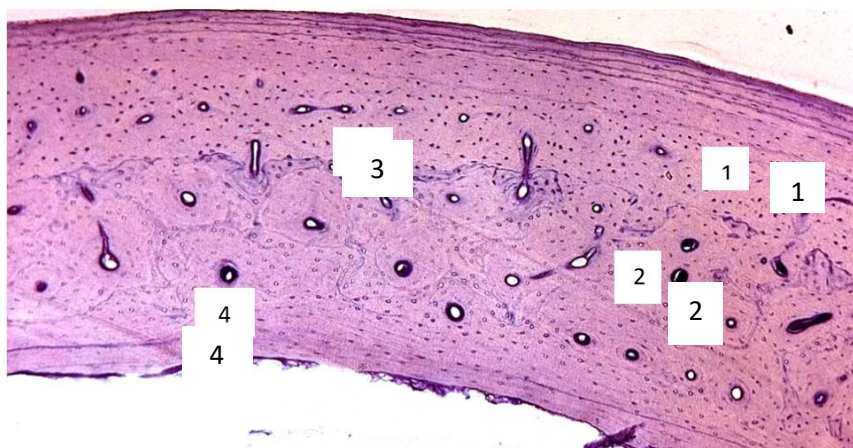


Рис. 2 – Гистологическая картина компакты диафиза бедренной кости американской норки: 1 – зона периостальных костных пластин, 2 – зона остеонных систем, 3 – линия цементации, 4 – зона эндостальных костных пластин (гематоксилин и эозин Об. x10, Ок. x10)

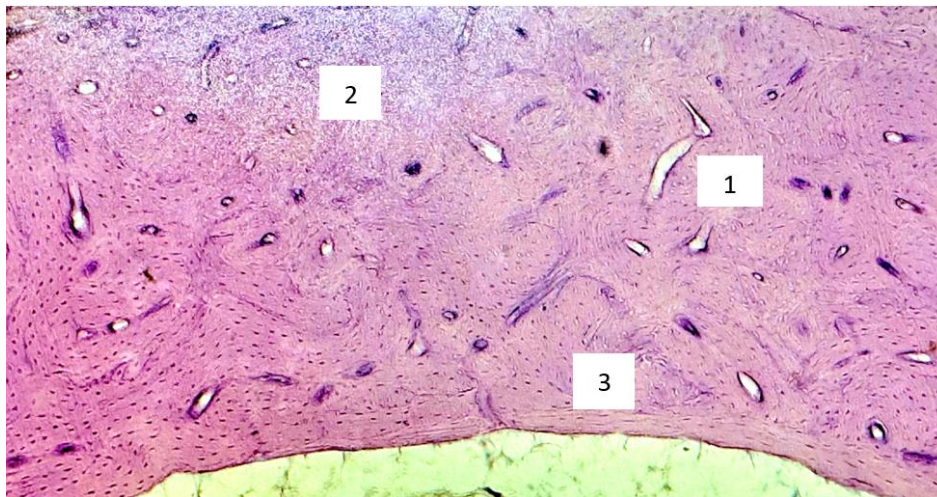


Рис. 3 – Гистологическая картина компакты диафиза бедренной кости лисицы: 1 – зона остеоновых систем, 2 – эндостальный пластинчатый комплекс, 3 – зона эндостальных костных пластин (гематоксалин и эозин Об. x10, Ок. x10)

Обращает на себя внимание увеличение в процентном соотношении зоны остеоновых систем у лисицы по сравнению с норкой в кранио-каудальном секторе диафиза, что касается его латеро-медиального отдела, то здесь выявлена обратная закономерность (табл. 3).

Следует отметить, что у лисицы в глубоких слоях компакты гаверсовы системы характеризуются широким просветом гаверсова канала, что может быть связано с более активными процессами их перестройки, а также с возможностью превращения в лакуны костного мозга.

Таким образом, нами подтверждено, что между формой и архитектурой кости, с одной стороны, и функциональным стереотипом, с другой, имеется анатомическое соответствие, поддерживаемое процессом физиологической перестройки костной ткани [2, 3, 5, 6].

Заключение. Установлены объективные рентгеноморфологические и рентгенометрические критерии оценки состояния скелета у животных. К ним относится индекс развития компакты в середине диафиза трубчатой кости, отражающий степень ее минерализации и биомеханический потенциал. В соответствии с полученными данными норка превосходит лисицу по индексу компактизации кости, что находит подтверждение в результатах гистологического исследования компакты диафиза бедренной кости и микроморфометрии. Не менее объективным в оценке состояния скелета является, по нашему мнению, медулярный указатель кости, который свидетельствует об интенсивности эндостальной резорбции костного вещества при ремоделировании микроархитектоники костной ткани.

Так, у лисицы медулярный указатель изучаемых костей достоверно ($p \leq 0,05$) выше, чем у амфибiota норки, однако распределение пластинчатого комплекса по сечению диафизарной трубки неравномерно (со значительным превосходством в краниальном отделе). Что касается норки, то у неё прирост компакты во всех отделах диафиза происходит за счет приоритетного вклада периостальной аппозиции костного вещества. Результаты рентгеноанатомических исследований хорошо ассоциируются с данными светооптического изучения гистологических срезов компактного вещества.

Анализ результатов проведенного исследования, выполненного на модельных, клинически здоровых животных (норка, лисица), отличающихся механизмом статолокомоторного акта, позволил установить нормативные диагностически целесообразные рентгеноморфологические показатели длинных трубчатых костей, являющиеся ориентирами в оценке состояния скелета животных. Они, по нашему мнению, являются базовыми при разработке аналогичных критериев для крупных сельскохозяйственных животных.

Результаты настоящего исследования могут иметь прикладное значение в клинической практике в вопросах прогнозирования риска возникновения остеопатологий и их дифференциальной диагностике.

Библиография

1. Дронов В.В., Ковалева В.Ю. Фармакологическая компенсация дефицита микроэлементов у лактирующих коров // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2(16). С. 13–18.
2. Плешаков Ф.Д., Слесаренко Н.А. Анатомо-биомеханическая характеристика костного остова свободной тазовой конечности у представителей зайцеобразных // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 1. С. 53–59.
3. Павловская Е.А., Позябин С.В., Старынина В.С. Диагностические критерии рентгенографии и компьютерной томографии при оценке патологий плечевого сустава у собак // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2021. № 1(245). С. 144–149.
4. Слесаренко Н.А., Плешаков Ф.Д., Широкова Е.О. Морфо-биомеханические признаки адаптивной пластичности костно-мышечной системы у представителей зайцеобразных // Кролиководство и звероводство. 2024. № 2. С. 21–28.
5. Слесаренко Н.А., Широкова Е.О. Рентгенодиагностика структурно-функционального состояния скелета соболя при клеточном содержании // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024. № 11. С. 6–12.
6. Рентгеноанатомические показатели костного остова двигательного аппарата в оценке видовой и внутривидовой идентификации животных / Н. А. Слесаренко и др. // Международный вестник ветеринарии. 2025. № 2. С. 246–258.
7. Слесаренко Н.А., Широкова Е.О., Щетинина Е.А. Анатомические показатели внутривидовой идентификации мелкого рогатого скота // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2025. № 2(36). С. 38–45.
8. Стручков Н.А., Позябин С.В., Шумаков Н.И. Анатомо-топографическое обоснование рентгенографической и компьютерной диагностики патологий автоподия у якутской лошади // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 5(93). С. 774–780.

9. Февапраситчай С., Позыбин С.В. Сравнение эффективности рентгенографии и компьютерной томографии при диагностике дисконгруэнтности локтевого сустава у собак // Ветеринарная патология. 2020. № 1(71). С. 67–72.

References

1. Dronov V.V., Kovaleva V.Yu. Pharmacological compensation of microelement deficiency in lactating cows // Current issues in agricultural biology. 2020. № 2(16). Pp. 13–18.
2. Pleshakov F.D., Slesarenko N.A. Anatomical and biomechanical characteristics of the bone skeleton of the free pelvic limb in representatives of lagomorphs // Veterinary science, animal science and biotechnology. 2024. № 1. Pp. 53–59.
3. Pavlovskaya E.A., Pozyabin S.V., Starynina V.S. Diagnostic criteria for radiography and computed tomography in the assessment of shoulder joint pathologies in dogs // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. 2021. № 1(245). Pp. 144–149.
4. Slesarenko N.A., Pleshakov F.D., Shirokova E.O. Morphological and biomechanical features of adaptive plasticity of the musculoskeletal system in representatives of lagomorphs // Rabbit breeding and animal husbandry. 2024. № 2. Pp. 21–28.
5. Slesarenko N.A., Shirokova E.O. X-ray diagnostics of the structural and functional state of the sable skeleton under cage conditions // Veterinary science, animal science and biotechnology. 2024. № 11. Pp. 6–12.
6. X-ray anatomical indices of the skeletal system of the locomotor apparatus in the assessment of species and intraspecific identification of animals / N. A. Slesarenko et al. // International Veterinary Bulletin. 2025. № 2. Pp. 246–258.
7. Slesarenko N.A., Shirokova E.O., Shchetinina E.A. Anatomical indicators of intraspecific identification of small ruminants // Current issues in agricultural biology. 2025. № 2(36). Pp. 38–45.
8. Struchkov N.A., Pozyabin S.V., Shumakov N.I. Anatomical and topographic substantiation of radiographic and computer diagnostics of autopodium pathologies in the Yakut horse // Scientific Life. 2019. Vol. 14. № 5(93). Pp. 774–780.
9. Fevaprasitichay S., Pozyabin S.V. Comparison of the effectiveness of radiography and computed tomography in the diagnosis of elbow incongruence in dogs // Veterinary pathology. 2020. № 1(71). Pp. 67–72.

Сведения об авторах

Слесаренко Наталья Анатольевна, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: slesarenko2009@yandex.ru;

Широкова Елена Олеговна, доцент кафедры анатомии и гистологии животных им. профессора А.Ф. Климова, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: shirokovaelena2022@yandex.ru;

Плешаков Федор Дмитриевич, ассистент кафедры общей патологии имени В.М. Коропова, ФГБОУ ВО МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: godluck.97@mail.ru.

Information about authors

Slesarenko Natalya A., doctor of Biological Sciences, Professor, head of the Department of Animal Anatomy and Histology named after A.I. Professor A.F. Klimov, K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology. 109472, Moscow, ul. Academician Scriabin, 23, e-mail: slesarenko2009@yandex.ru;

Shirokova Elena O., associate Professor of the Department of Anatomy and Histology of Animals, Professor A.F. Klimov, K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 109472, Moscow, ul. Academician Scriabin, 23, e-mail: shirokovaelena2022@yandex.ru;

Pleshakov Fyodor D., assistant of the Department of general pathology named after V.M. Koropov, K.I. Skryabin Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 109472, Moscow, ul. Academician Scriabin, 23, e-mail: godluck.97@mail.ru.

УДК 636.09

К.С. Эльбекьян, Е.В. Маркарова, А.Б. Муравьева

МЕЛАТОНИН В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Аннотация. С момента своего появления антибиотики стали краеугольным камнем современной медицины, совершив переворот в лечении инфекций и найдя широкое применение в сельском хозяйстве. Тем не менее, их бесконтрольное и избыточное использование спровоцировало масштабное распространение резистентных патогенов. Это привело к кризису в мировом здравоохранении и ветеринарии, ставящему под угрозу способность организма противостоять бактериальным инфекциям и грозящему возвратом к временам, когда такие заболевания были неизлечимы. Опасность для человека усугубляется тем, что следы антибиотиков из мяса, молока и яиц попадают в окружающую среду. Это нарушает естественный баланс микроорганизмов и подрывает устойчивость целых экосистем.

Гормон шишковидной железы мелатонин (N-ацетил-5-метокситриптамин) обладает широким спектром биологической активности, которая реализуется на самых разных функциональных уровнях и затрагивает большинство органов и систем, в частности: регулирует секрецию гормонов и цикличность в репродуктивной системе, повышает эффективность работы органов размножения, улучшая качество спермы и ооцитов, оказывает выраженное антиоксидантное действие, подавляя избыток свободных радикалов и усиливая активность собственных ферментных систем антиоксидантной защиты организма, обладает противовоспалительным эффектом, снижая продукцию провоспалительных факторов, и минимизирует связанные с воспалением повреждения тканей, способствует восстановлению целостности кишечного барьера и нормализации состава микробиоты, что ограничивает проникновение бактериальных токсинов и патогенов.

Недавние исследования открыли удивительный факт: мелатонин может стимулировать выработку собственных антимикробных пептидов организма. Это природные молекулы, которые действуют как «естественные антибиотики», разрушая клеточные стенки бактерий.

Благодаря этим свойствам и своему природному происхождению мелатонин вызывает значительный интерес в качестве перспективной добавки в животноводстве. Его применение может быть направлено на улучшение продуктивных и репродуктивных показателей, повышение устойчивости животных к стрессам и заболеваниям, а также на обеспечение более экологичного производства. Данный обзор обобщает сведения о характеристиках и функциях мелатонина, а также анализирует опыт его использования в отрасли. Представленные выводы могут стать теоретической основой для дальнейшего внедрения мелатонина в практику животноводства и определения новых направлений для научных исследований.

Ключевые слова: мелатонин, окислительный стресс, животноводство, продуктивная система, репродуктивная системы, иммунная система.

MELATONIN IN ANIMAL HUSBANDRY

Abstract. Since their introduction, antibiotics have become the cornerstone of modern medicine, revolutionizing the treatment of infections and finding widespread use in agriculture. Nevertheless, their uncontrolled and excessive use has provoked a large-scale spread of resistant pathogens. This has led to a crisis in global health and veterinary medicine, jeopardizing the body's ability to resist bacterial infections and threatening a return to the days when such diseases were incurable. The danger to humans is compounded by the fact that traces of antibiotics from meat, milk and eggs enter the environment. This disrupts the natural balance of microorganisms and undermines the stability of entire ecosystems.

Pineal gland hormone melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) has a wide range of biological activity, which is realized at various functional levels and affects most organs and systems, in particular: regulates hormone secretion and cyclicity in the reproductive system, increases the efficiency of reproductive organs, improving the quality of sperm and oocytes, has a pronounced antioxidant effect. action by suppressing excess free radicals and enhancing the activity of the body's own enzyme systems of antioxidant defense, it has an anti-inflammatory effect, reducing the production of pro-inflammatory factors and minimizes inflammation-related tissue damage, helps restore the integrity of the intestinal barrier and normalize the composition of the microbiota, which limits the penetration of bacterial toxins and pathogens.

Recent research has revealed an amazing fact: melatonin can stimulate the production of the body's own antimicrobial peptides (AMP). These are natural molecules that act as «natural antibiotics», destroying the bacterial cell walls.

Due to these properties and its natural origin, melatonin is of considerable interest as a promising additive in animal husbandry. Its use can be aimed at improving productive and reproductive performance, increasing the resistance of animals to stress and disease, as well as ensuring more environmentally friendly production. This review summarizes information about the characteristics and functions of melatonin, as well as analyzes the experience of its use in the industry. The presented conclusions can become a theoretical basis for the further introduction of melatonin into animal husbandry practice and the identification of new directions for scientific research.

Keywords: melatonin, oxidative stress, animal husbandry, productive system, reproductive system, immune system.

Введение. Открытие антибиотиков (АБ) стало одним из величайших прорывов в микробиологии XX века, что позволило в корне изменить терапию бактериальных инфекционных заболеваний. Антибиотики стали широко использоваться не только в медицине, но и стали неотъемлемой частью современного сельского хозяйства и животноводства для лечения и профилактики инфекционных болезней животных, а также для стимуляции роста сельскохозяйственных животных. Однако неправильное применение антибиотиков способствует развитию устойчивости бактерий, снижает эффективность лечения как у людей, так и у животных [1]. Кроме того, остатки антибиотиков в продуктах животного происхождения, попадающие в пищевую цепочку, представляют опасность для здоровья, нарушая баланс микроорганизмов в окружающей среде и влияя на стабильность экосистемы.

Последствия антибиотикорезистентности приводят к увеличению заболеваемости и смертности животных из-за неудач в терапии. Кроме того, остатки антибиотиков в продуктах животного происхождения, попадающие в пищевую цепочку, представляют опасность для здоровья, нарушая баланс микроорганизмов в окружающей среде и влияя на стабильность экосистемы [1]. Чрезмерное использование антибиотиков нарушает баланс микробиоты кишечника, снижает всасывание

питательных веществ и вызывает побочные реакции на лекарства [2, 3]. Многие страны ввели строгие правила, регулирующие использование антибиотиков в птицеводстве и животноводстве, что привело к увеличению количества исследований, посвященных альтернативным и улучшенным добавкам.

В 50-е годы XX века группа американских исследователей во главе с А. Лернером совершила открытие. Из эпифиза животных было выделено гормоноподобное вещество, получившее название мелатонин. Долгое время мелатонин был известен как регулятор суточных (циркадных) ритмов и «гормон сна». Однако, как оказалось, секретирующий гормон обладает плейотропными свойствами. В последние десятилетия усилились исследования, направленные на понимание того, как мелатонин влияет на важнейшие физиологические функции животных. Установлено, что гормон контролирует процессы роста, приема пищи, пищеварения и размножения в результате специфических поведенческих ритмов [5-8]. Мелатонин также является эффективным антиоксидантом, иммуностимулятором и антистрессовым индоламином [4, 9-11]. Именно эти свойства делают его уникальным и перспективным инструментом для современного устойчивого и эффективного животноводства. В отличие от многих синтетических стимуляторов, мелатонин является естественным для организма животных соединением, что открывает путь к созданию более безопасных и «зеленых» технологий.

Морфофункциональные особенности эпифиза. Эпифиз (пинеальная, или шишковидная, железа) – нейроэндокринный отдел головного мозга, у большинства млекопитающих животных представляет собой плотное образование, расположенное в борозде между передними буграми четверохолмия. Эпифиз окружен соединительнотканной оболочкой, от которой отходят внутрь прослойки, разделяющие паренхиму на отдельные дольки. Преобладающими клетками эпифиза являются пинеалциты – это крупные клетки с бледной цитоплазмой, развитым гранулярным эндоплазматическим ретикуломом и комплексом Гольджи и многочисленными митохондриями. Пинеалциты имеют крупные богатые хроматином ядра с крупными ядрышками. Их ветвящиеся длинные отростки, как правило, заканчиваются на базальной пластинке перикапиллярного пространства. В цитоплазме пинеалцитов присутствуют лизосомоподобные тельца, везикулы и липидные капли. Отростки и их терминалы содержат большое количество секреторных гранул с плотным центром и прозрачных везикул, подобных тем, которые выявляются в других нейроэндокринных клетках. В некоторых отростках наблюдаются агрегаты сливающихся секреторных гранул, что может быть своеобразной формой депонирования физиологически активных продуктов.

Пинеалциты имеют все необходимые для секреторного процесса органеллы и могут синтезировать гормоны как индольной, так и полипептидной природы. Эти вещества выделяются из окончаний отростков путем экзоцитоза и, пройдя через перикапиллярное пространство и эндотелий, проникают в просвет кровеносных сосудов. Эпифиз млекопитающих – полноценный нейроэндокринный орган, продуцирующий нейрого르몬ы индольной природы – мелатонин и серотонин, а также полипептидные нейрого르몬ы, например вазотонин.

Механизм синтеза мелатонина. Установлено, что серотонин превращается в мелатонин под влиянием фермента гидроксииндол-О-метилтрансферазы (ГИОМТ), этот процесс происходит в темное время суток, в то время как синтез серотонина протекает, напротив, на свету. Ферментом, лимитирующим скорость образования мелатонина, является N-ацетилтрансфераза (NAT). Норадреналин, освобождающийся в темное время, взаимодействует с адренорецепторами, в результате чего активируется аденилатциклаза и начинается накопление циклического аденозинмонофосфата (цАМФ), стимулирующего процессы транскрипции и трансляции NAT. Молекулярные механизмы синтеза мелатонина интенсивно изучаются. Если раньше мелатонин рассматривали в качестве основного гормона эпифиза, то современные исследования указывают, что гормон выполняет роль лишь локального фактора в пределах самого эпифиза, а функционально активными гормонами являются пептиды, секретируемые в кровотоке и спинномозговую жидкость.

Светочувствительные ганглиозные клетки сетчатки получают свет в течение дня и запускают каскад нервных сигналов через ретиногипоталамический тракт. Этот нервный путь проходит через супрахиазматическое ядро, паравентрикулярное ядро, ствол головного мозга, спинной мозг (уровни T1–T3) и верхний шейный ганглий и заканчивается в шишковидной железе.

Синтез начинается с преобразования триптофана в 5-гидрокситриптофан с помощью триптофангидроксилазы. Затем 5-гидрокситриптофанкарбоксилаза отщепляет CO₂ от 5-гидрокситриптофана, в результате чего образуется 5-гидрокситриптамин, также известный как серотонин. Серотонин превращается в N-ацетилсеротонин с помощью серотонин-N-ацетилтрансферазы и ацетилкофермента А. Наконец, N-ацетилсеротонин-О-метилтрансфераза (NMT) катализирует метилирование N-ацетилсеротонина до мелатонина [18].

Внепинеальные источники мелатонина. Количество мелатонина, обнаруженного вне шишковидной железы, огромно по сравнению с тем, которое предположительно может вырабатываться в этом небольшом нейронном образовании, где синтез мелатонина происходит только в темное время суток. Это крайне важно для животных, обитающих в высоких широтах, где постоянная темнота в течение длительного времени полностью подавляет выработку мелатонина в крови. Многочисленные работы подтвердили, что мелатонин вырабатывается не только в шишковидной железе, но также в тканях желудочно-кишечного тракта, сетчатке, коже, вилочковой железе и иммунных клетках [4]. Мелатонин, вырабатываемый шишковидной железой, играет важнейшую роль в регуляции циркадных ритмов, а мелатонин, вырабатываемый вне шишковидной железы, обладает противовоспалительными, антиоксидантными и митохондриально-защитными свойствами [5, 6]. Рецепторы мелатонина – MT1, MT2 и MT3 – широко распространены и выполняют различные физиологические функции [7, 8]. MT1 регулирует биологические часы, MT2 контролирует периодическую активность мелатонина, а MT3, относящийся к семейству хинонредуктаз, способствует детоксикации. Являясь представителями семейства рецепторов, сопряженных с G-белком, эти рецепторы способствуют передаче сигналов, существенно влияя на физиологические и патологические клеточные процессы [9, 10].

Мелатонин, взаимодействуя с рецепторами MT1 и MT2, модулирует циркадные ритмы, иммунные реакции, антиоксидантную защиту, нейропротекцию, замедляет старение, влияет на репродуктивные функции и физиологию клеток [11-13]. Кроме того, митохондрии в различных органах могут вырабатывать мелатонин для локального использования.

У людей экзогенный мелатонин оказывает разнообразное воздействие, что может быть полезно в животноводстве, в том числе для регуляции циркадных ритмов, улучшения здоровья, снижения стресса и профилактики заболеваний [14]. Несмотря на признанную роль мелатонина, современные исследования не дают полного представления о его многогранном воздействии на различные виды животных и производственные системы. В существующих исследованиях часто рассматриваются отдельные функции мелатонина без учета его потенциального синергетического эффекта в сочетании с другими методами управления. Кроме того, не хватает комплексных обзоров, в которых были бы обобщены последние данные о влиянии мелатонина на различные аспекты продуктивности животных, репродуктивные функции и адаптацию к стрессу.

Влияние мелатонина на продуктивность животных. Хотя точные механизмы, лежащие в основе воздействия мелатонина на организм животных, остаются неясными, исследования показывают, что он может влиять на секрецию гормона роста (ГР) и обмен веществ [15, 16]. Исследования показали, что мелатонин, связываясь с подтипами рецепторов MT1b и MT1c в гипофизе, запускает экспрессию гипофизарного фактора транскрипции-1 в клетках передней доли гипофиза, тем самым стимулируя секрецию гормона роста и способствуя росту [17]. Например, пероральное введение мелатонина бройлерам при круглосуточном освещении и в жарких сухих условиях привело к увеличению живой массы и среднего прироста веса, но при этом снизило потребление корма. Аналогичные результаты показали снижение потребления корма у бройлеров, получавших мелатонин при различных условиях освещения [19]. Кроме того, добавление мелатонина перепелам, испытывающим тепловой стресс, увеличило конечную массу тела и массу печени, что подчеркивает потенциальную пользу от улучшения показателей роста домашней птицы в условиях теплового стресса [20].

Исследования влияния мелатонина на продуктивность свиней свидетельствуют о влиянии гормона на развитие мышечной массы [21]. Экзогенные добавки с мелатонином стимулируют расщепление и метаболизм жиров, а также способствуют дифференцировке белых адипоцитов в бурые адипоциты, что способствует снижению содержания жира у животных [22-24]. В других исследованиях сообщается, что гормон усиливает биогенез митохондрий и митохондриальное дыхание. Мелатонин также положительно влияет на здоровье кишечника свиней, регулируя его перистальтику, экспрессию генов, связанных с целостностью барьера, а также влияя на функцию всасывания и микробиоту кишечника. Мелатонин увеличивает количество актинобактерий и уменьшает количество селеномонад, что способствует росту поросят [26]. Кроме того, при культивировании эмбрионов *in vitro* экзогенный мелатонин улучшает качество развития эмбрионов, снижает окислительный стресс, повышает целостность ДНК и эффективность развития эмбрионов *in vitro*, особенно на стадиях созревания и оплодотворения [27].

Добавление мелатонина в рацион беременных овец значительно увеличивает выживаемость ягнят-близнецов, особенно во время длительных родов, и улучшает их устойчивость к гипоксии [28]. Добавки с мелатонином также положительно влияют на здоровье и рост овец и ягнят [29, 30]. Они улучшают снабжение плода кислородом, увеличивают вес при рождении, повышают жизнеспособность ягнят-близнецов, увеличивают концентрацию иммуноглобулина G в молозиве, улучшают его качество и увеличивают выработку молока, что впоследствии положительно сказывается на росте ягнят [31, 32]. Аналогичным образом у овцематок, получавших мелатонин после родов, наблюдался повышенный вес при отъеме, среднесуточный привес и более высокое содержание жира в молоке, в то время как содержание белка и лактозы в молоке не изменилось [33]. Однако прямая имплантация мелатонина ягнятам не оказывает существенного влияния на скорость роста [34]. Тем не менее введение мелатонина ягнятам увеличивает площадь поперечного сечения мышечных волокон и адипоцитов, а также связанные с этим показатели, такие как количество эритроцитов, уровень тестостерона, гормона роста и иммуноглобулина А. Анализ транскриптома и микробиома показывает, что мелатонин способствует росту и развитию ягнят, модулируя сигнальные пути апоптоза клеток и микробиоту кишечника [35].

С другой стороны, добавление мелатонина беременным и родившим коровам не оказывает существенного влияния на вес телят, морфометрические показатели, рост, метаболические факторы или последующие репродуктивные характеристики быков. Хотя мелатонин может влиять на надой и процентное содержание жира в молоке, эти различия незначительны [36]. Тем не менее исследования показывают, что мелатонин может улучшить показатели молочного стада, повысить питательную ценность молока, содержание лактозы и белка, а также снизить количество соматических клеток в молоке [37].

Влияние мелатонина на репродуктивную функцию животных. Мелатонин по-разному влияет на репродуктивную функцию и показатели воспроизводства. Так, у самок птиц мелатонин способствует пролиферации поддерживающих клеток семенников, активируя сигнальный путь ERK/альфа-субъединица ингибина и повышая экспрессию генов и белков, связанных с клеточной пролиферацией [38]. Кроме того, мелатонин снижает вызванный окислительным стрессом апоптоз в интерстициальных клетках семенников петухов, активируя сигнальный путь протеинкиназы В, тем самым уменьшая апоптоз [39]. Он также уменьшает вызванное глифосатом повреждение интерстициальных клеток семенников петухов и структуры семенных канальцев, а также снижает качество спермы, устраняя дисбаланс митохондриальной динамики и подавляя митохондриальную аутофагию. Это улучшает синтез гормонов семенников, подавленный глифосатом [40]. Кроме того, добавление мелатонина в замороженную и размороженную сперму петухов значительно повышает подвижность сперматозоидов после разморозки, целостность плазматической мембраны и активность митохондрий. Он также поддерживает целостность и функциональность сперматозоидов, снижая уровень перекисного окисления липидов и фрагментацию ДНК [41, 42]. Эксперименты *in vitro* на самках домашней птицы показали, что мелатонин посредством активации рецепторов регулирует сигнальный путь mTOR, повышая уровень белков, связанных с клеточным циклом. *In vivo* эксперименты на курах-несушках показали, что экзогенный мелатонин увеличивает экспрессию рецепторов мелатонина в яичниках за счёт активации сигнального пути mTOR, что способствует росту фолликулов, продлению физиологического пика яйценоскости и увеличению количества яиц [44]. В частности, добавление 10 мг мелатонина курам в возрасте 360 и 550 дней привело к увеличению яйценоскости на 8,38 и 7,93 % соответственно. Такое повышение яйценоскости связано с повышением уровня эстрадиола-17β в сыворотке крови и снижением количества рецепторов гонадотропин-ингибирующего гормона в яичниках [45]. Эти результаты подчёркивают важнейшую роль мелатонина в репродуктивной функции домашней птицы и предоставляют необходимые научные данные для повышения яйценоскости.

Мелатонин играет важнейшую роль в созревании яйцеклеток и эмбриональном развитии, усиливая эти процессы с помощью различных механизмов. Он усиливает экспрессию генов, связанных с синтезом липидов, и способствует экспрессии генов липолиза, тем самым увеличивая окисление жирных кислот и улучшая биогенез митохондрий, чтобы обеспечить энергией, необходимой для развития ооцитов [25].

Кроме того, мелатонин повышает скорость развития и увеличивает количество клеток бластоцисты в эмбрионах свиней, тем самым способствуя эмбриональному развитию [46, 47]. Добавление мелатонина в рацион свиноматок на поздних сроках беременности может дать множество преимуществ, в том числе увеличить размер помета, повысить выживаемость при рождении, а также увеличить вес поросят при отъеме и их выживаемость. Эти эффекты могут быть достигнуты за счет сигнального пути Nrf2 и активации генов антиоксидантов [MGST1, GSTM3 и GSTA4 [48].

Мелатонин также улучшает созревание яйцеклеток и эмбриональное развитие, активируя сигнальный путь Sonic hedgehog и повышая экспрессию связанных с ним генов (SHN, PTHC1, SMO и GLI1) [49]. Он способствует созреванию яйцеклеток, уменьшая апоптоз клеток гранулезы и стимулируя синтез эстрогена [50, 51]. На ранних сроках беременности ме-

латонин улучшает взаимодействие между маткой и плодом, регулируя SIRT1 и способствуя пролиферации и миграции клеток трофобласта свиньи [52].

Кроме того, мелатонин регулирует репродуктивную функцию, модулируя высвобождение и синтез гонадотропин-рилизинг-гормона и лютеинизирующего гормона (ЛГ) [53]. Он может противодействовать грибковым токсинам и токсичным соединениям, предотвращая нарушение созревания ооцитов, вызванное активными формами кислорода, улучшая развитие клонированных эмбрионов и повышая эффективность клонирования [54-56]. Однако эффективность мелатонина в решении проблем сезонного размножения остаётся ограниченной [57]. Таким образом, мелатонин способствует созреванию яйцеклеток и эмбриональному развитию, увеличивает размер помёта и выживаемость, а также обладает антиоксидантными и защитными свойствами, тем самым играя важную роль в воспроизводстве свиней.

Исследования показали, что мелатонин значительно повышает способность к развитию созревших *in vitro* (IVM) ооцитов и эмбрионов крупного рогатого скота [58]. В частности, мелатонин способствует восстановлению мейоза во время IVM ооцитов крупного рогатого скота, не стимулируя процессы ядерного созревания, что приводит к увеличению доли blastocyst как в ооцитах взрослых коров, так и у доноров в препубертатном периоде [59].

Кроме того, мелатонин улучшает качество эмбрионов, увеличивая количество клеток внутренней клеточной массы (ВКМ) и соотношение клеток ВКМ к общему количеству клеток, что свидетельствует о его положительном влиянии на дифференцировку и качество эмбрионов [60]. Исследования также выявили экспрессию N-ацетилсеротонин-O-метилтрансферазы и рецептора мелатонина MTNR1A в ооцитах и кумулюсных клетках крупного рогатого скота, при этом MTNR1B экспрессируется исключительно в ооцитах. Кроме того, 10 и 50 нг/мл мелатонина значительно ускоряли созревание ядер и рост кумулюсных клеток, а также вызвали изменения в распределении митохондрий и уровне активных форм кислорода [61].

Важно отметить, что мелатонин также улучшает качество размороженной спермы быков, повышая средние показатели подвижности, структуру субопуляций, выживаемость и целостность акросомы [62]. При искусственном осеменении мелатонин повышает вероятность наступления беременности и уровень прогестерона у самок крупного рогатого скота, усиливает приток крови к матке и способствует развитию плаценты [63-65]. У водяных буйволов с низким репродуктивным сезоном инъекции мелатонина значительно повышают частоту овуляции, диаметр овуляторных фолликулов и вероятность наступления беременности [66].

Исследование с использованием имплантатов с мелатонином у быков показало, что у животных из группы, получавшей мелатонин, уровень гормонов (ФСГ, ЛГ и тестостерона) и концентрация мелатонина были выше, чем у животных из контрольной группы. В то же время у быков из группы, получавшей мелатонин, улучшились показатели сексуального поведения, окружность мошонки и параметры яичек [67]. Таким образом, мелатонин играет важнейшую роль в улучшении репродуктивной функции и продуктивности жвачных животных, положительно влияя на развитие и качество ооцитов и сперматозоидов, тем самым способствуя успешному протеканию репродуктивного процесса.

Влияние мелатонина на окислительный стресс у животных. В процессе выращивания домашняя птица подвергается воздействию различных окислительных стрессоров, таких как активные формы кислорода, пероксиды, ионы тяжёлых металлов, загрязняющие вещества в окружающей среде и тепловой стресс [68, 69]. Мелатонин служит защитным антиоксидантом, нейтрализуя свободные радикалы и уменьшая окислительные повреждения. Исследование показало, что введение мелатонина (500 мг/кг корма) цыплятам увеличивало содержание мелатонина в тканях, включая кишечник, почки, печень и эритроциты, на 75–1300 % по сравнению с контрольной группой. Кроме того, мелатонин повышал активность глутатионпероксидазы в этих тканях на 22–134 % [70]. У кур-несушек мелатонин снижает окислительный стресс в яичниках, модулируя путь SIRT1-P53/forkhead box O1 (FoxO1) [14].

Кроме того, исследование показало, что мелатонин может ослаблять окислительное повреждение клеток Лейдига у кур, активируя сигнальный путь АКТ-Nrf2, что приводит к повышению активности антиоксидантных ферментов [39]. Более того, мелатонин значительно снижает окислительный стресс, вызванный микотоксинами, у цыплят-бройлеров, уменьшая количество маркеров повреждения тканей (АСТ, АЛТ, липидная пероксидаза) и повышая концентрацию антиоксидантных ферментов (СОД и КАТ) в сыворотке крови. Также наблюдалось увеличение массы фабрициевой сумки на 30 % [71]. Таким образом, мелатонин как антиоксидант обладает значительным потенциалом в птицеводстве и может использоваться для эффективной защиты здоровья птицы. Тем не менее необходимы дальнейшие исследования, чтобы выяснить механизмы антиоксидантного действия мелатонина на организм птицы, оптимизировать методы и дозировки его применения и в полной мере использовать его потенциальные преимущества.

Репродуктивная функция хряков тесно связана с их репродуктивным развитием и качеством спермы, которое часто ухудшается из-за окислительного стресса. Мелатонин снижает окислительный стресс и апоптоз клеток, вызванные тетрабромбисфенолом А, уменьшая нарушение сигнального пути фосфатазы и гомолога тензина хромосомы 10/фосфатидилинозитол-3-киназы (PI3K)/АКТ и подавляя чрезмерное образование активных форм кислорода. В условиях окислительного стресса он повышает антиоксидантную способность за счёт активации келч-подобного ECH-ассоциированного белка 1/Nrf2, передачи сигналов, клеточного цикла и лизосомальных путей. Кроме того, мелатонин увеличивает экспрессию белка теплового шока 90 и стабилизирует индуцируемый гипоксией фактор-1α, эффективно ослабляя окислительный стресс и клеточный апоптоз в опорных клетках хряков, индуцированных тепловым стрессом и хлорохином [72-74].

Мелатонин также защищает ооциты свиней от окислительного стресса, поддерживая морфологию клеток, снижая уровень апоптоза и замедляя митохондриальную дисфункцию [75]. Мелатонин также ослабляет окислительный стресс в ооцитах свиней, подвергшихся воздействию охратоксина А, афлатоксина В1, теплового стресса и других повреждающих факторов, за счёт повышения уровня антиоксидантов (глутатиона), снижения апоптоза (SIRT1 и АКТ2) и стимулирования клеточной аутофагии (за счёт повышения уровня Bcl-2 и снижения уровня Bax, Atg7, Lc3, LC3B и каспазы 3) [76-79].

Развитие эмбрионов свиней подвержено влиянию различных факторов окислительного стресса в окружающей среде, в том числе материнских факторов, рациона, лекарственных препаратов, болезней и инфекций. Мелатонин снижает окислительный стресс во время развития эмбрионов *in vitro*, активируя сигнальный путь Nrf2/ARE и повышая экспрессию генов, связанных с апоптозом (MT2, Nrf2, UCHL, HO-1, SOD1 и Bcl-2) [47]. Кроме того, мелатонин снижает выработку активных форм кислорода, способствуя биогенезу митохондрий (повышая уровень SIRT1 и PGC-1α), тем самым предотвращая повреждение эмбрионов свиней на ранних стадиях развития, вызванное такими пестицидами, как ротенон [80].

В исследованиях, посвящённых ишемически-реперфузионному повреждению и аллотрансплантации органов свиней, мелатонин значительно замедлял развитие реакций отторжения, продлевал срок службы трансплантата и снижал уровень

окислительного стресса (малонового диальдегида [МДА] и 4-гидроксиантрахиноновой кислоты) и маркеров воспаления (pMAP и IPH4) [81]. Таким образом, мелатонин может быть полезен при трансплантации. В заключение отметим, что мелатонин играет важную роль в репродуктивной функции свиней, качестве спермы, развитии эмбрионов и реакции отторжения трансплантата, подавляя окислительный стресс и повышая антиоксидантные способности.

Мелатонин эффективно снижает вызванный микотоксинами окислительный стресс и апоптоз в клетках гранулы, подавляя сигнальный путь митоген-активируемой протеинкиназы (МАРК) p38. Это сопровождается снижением соотношения Вах/Bcl-2 и повышением уровня антиоксидантных ферментов (СОД и глутатионпероксидазы) [82]. Аналогичным образом мелатонин защищает созревание ооцитов быка и развитие преимплантационных эмбрионов от воздействия гербицида параквата, подавляя активацию сигнального пути p38 МАРК. Мелатонин восстанавливает аномальный уровень триметилирования белка хроматина гистона H3 по лизину 4 и гистона H3 по лизину 9, регулирует экспрессию генов, связанных с окислительно-восстановительными процессами (например, снижает экспрессию тиоредоксин-взаимодействующего белка (Txnip) и повышает экспрессию Txn), а также подавляет экспрессию проапоптотических белков (каспазы 3 и Вах) [83, 84].

Кроме того, мелатонин активирует сигнальный путь SIRT1/FoxO1, снижая уровень АФК и концентрацию Ca^{2+} , высвобождая цитохром С и повышая мембранный потенциал митохондрий ($\Delta\Psi_m$). Он также способствует митохондриальной аутофагии, предотвращая апоптоз, вызванный окислительным стрессом, и повреждение митохондрий в клетках гранулы яичников крупного рогатого скота [85]. Мелатонин также защищает эмбрионы крупного рогатого скота от окислительного стресса, вызванного перекисью водорода (H_2O_2) во время культивирования *in vitro*, улучшает качество развития оплодотворенных яйцеклеток, снижает уровень внутриклеточных активных форм кислорода и предотвращает митохондриальную дисфункцию в зиготах [86, 87]. Наконец, мелатонин облегчает тепловой стресс у крупного рогатого скота, подвергнувшегося воздействию высоких температур [88, 89]. Эти результаты подчеркивают важнейшую роль мелатонина в защите жвачных животных от окислительного повреждения.

Влияние мелатонина на иммунитет животных. В птицеводстве ежедневно приходится сталкиваться с различными факторами окружающей среды, вызывающими стресс, такими как токсины, лекарства, вирусы и болезни. Эти факторы могут ослабить иммунитет и препятствовать развитию органов иммунной системы, что в конечном итоге приводит к иммунной дисфункции у домашней птицы [90]. Мелатонин оказывает на домашнюю птицу несколько иммуномодулирующих эффектов, повышая функцию иммунной системы и её устойчивость. Исследование показало, что добавление мелатонина в рацион молодых цыплят эффективно снимает воспаление двенадцатиперстной кишки, вызванное липополисахаридом. Этот эффект достигается в первую очередь за счёт ингибирования сигнального пути TLR4, уменьшения апоптоза эпителиальных клеток, снижения экспрессии воспалительных цитокинов (TNF- α , IL-6, IL-4 и каспазы 3) и улучшения функции кишечного иммунного барьера (муцина 2 (MUC2) и иммуноглобулина А) [91]. Во время эмбрионального развития цыплят-бройлеров добавление мелатонина в корм улучшает работу кишечного иммунного барьера за счёт увеличения количества бокаловидных клеток и повышения экспрессии MUC2 [92].

Кроме того, эксперименты *in vitro* показали, что мелатонин стимулирует Т-лимфоциты в периферической крови домашней птицы, оказывая минимальное воздействие на β -лимфоциты [93, 94]. Зелёный свет с более длинными волнами стимулирует фоторецепторы в сетчатке глаза домашней птицы, влияя на синтез и высвобождение мелатонина шишковидной железой. По сравнению с другими источниками света стимуляция зелёным светом увеличивает пролиферацию β -лимфоцитов в фабрициевой сумке на 16,49–30,83 %. Зелёный свет также значительно повышает экспрессию подтипов рецепторов мелатонина Mel1a, Mel1b и Mel1c [95, 96]. Кроме того, зелёный свет усиливает пролиферацию Т-лимфоцитов в селезёнке на 2,46–6,83 %, запуская сигнальные пути цАМФ/протеинкиназа А и фосфолипаза С/протеинкиназа С [97].

Однако мелатонин может по-разному влиять на различные типы иммунных клеток и иммунные реакции [94]. Некоторые исследования показали, что мелатонин сам по себе не оказывает существенного влияния на пролиферацию лимфоцитов в тимусе, селезёнке или фабрициевой сумке кур [98]. С другой стороны, мелатонин напрямую подавляет активированные лимфоциты кур *in vitro* при стимуляции фитогемагглютинином, что может способствовать стимуляции клеток [99]. Таким образом, иммуномодулирующее действие мелатонина на домашнюю птицу многогранно. Он усиливает работу иммунной системы птицы, подавляя воспалительные реакции, улучшая работу кишечного иммунного барьера и способствуя пролиферации лимфоцитов. Однако для лучшего понимания конкретных механизмов, лежащих в основе роли мелатонина в иммуномодуляции у птицы, необходимы дальнейшие исследования.

Мелатонин перспективен для регуляции иммунитета у свиней, особенно при таких иммунных проблемах, как инфекции и воспаления. Незрелая иммунная система желудочно-кишечного тракта поросят-отъёмшей восприимчива к патогенным инфекциям, таким как энтеротоксигенная кишечная палочка (ЕТЕС). Инфекция, вызванная ЕТЕС, влияет на серотониновый путь в макрофагах поросят, что приводит к снижению выработки мелатонина. Однако лечение мелатонином может изменить функцию макрофагов, усилив их противомикробную и бактерицидную активность и снизив гибель клеток. Кроме того, предварительная обработка мелатонином улучшает способность макрофагов свиней уничтожать бактерии ЕТЕС [100].

На свиньях с моделью острого панкреатита терапия мелатонином показала потенциальную пользу, в том числе снижение некроза ацинарных клеток поджелудочной железы, некроза жировой ткани и отёка, что улучшило адаптацию свиней и показатели их здоровья [101]. Кроме того, на ранних сроках беременности мелатонин способствует пролиферации и миграции трофобластных клеток свиньи и эпителиальных клеток просвета эндометрия через сигнальный путь SIRT1/PI3K/МАРК. Кроме того, он также предотвращает осложнения, связанные с беременностью, за счёт снижения продукции провоспалительных факторов и чувствительных к стрессу белков эндоплазматического ретикула, индуцируемых липополисахаридами и туникамицином [52]. Таким образом, мелатонин играет решающую роль в иммунной регуляции и поддержании здоровья свиней посредством различных механизмов при различных физиологических и патологических состояниях. Эти результаты дают ценную информацию о его потенциальном применении в свиноводстве.

Мелатонин обладает многообещающим потенциалом в борьбе с маститом у крупного рогатого скота – распространённым воспалительным заболеванием, вызываемым бактериальными инфекциями, которые существенно влияют на производство и качество молока [102]. Его многогранное действие включает в себя снижение окислительного стресса, подавление провоспалительных факторов и модуляцию сигнальных трансдукторов и активаторов транскрипции (STAT) NF- κ B, что делает его ценным средством для лечения мастита у крупного рогатого скота [103]. В эпителиальных клетках молочной железы крупного рогатого скота, подвергнувшихся воздействию липополисахаридов, вызывающих воспаление, мелатонин ослабляет воспалительную реакцию, подавляя сигнальный путь кластера дифференцировки 14/TLR4. В частности, он сни-

жает экспрессию провоспалительных цитокинов (TNF- α , IL-1 β , IL-6 и GM-CSF), хемокинов (CCL2 и CCL5) и положительных белков острой фазы, одновременно повышая экспрессию противовоспалительных цитокинов (IL-1Ra) и отрицательного белка острой фазы фибриногена [104]. Кроме того, мелатонин подавляет мастит, вызванный *Staphylococcus aureus*, через путь микроРНК-16b/белок 1, ассоциированный с Yes [105].

Мелатонин повышает восприимчивость эндометрия, снижая уровень интерлейкина-6 и уменьшая вызванное амниоком воспаление и апоптоз клеток за счёт ингибирования сигнального пути TLR4/NF- κ B [106]. При эндометрите мелатонин эффективно снижает выработку провоспалительных факторов (интерлейкина-1 β , интерлейкина-6 и фактора некроза опухоли- α) в эпителиальных клетках эндометрия за счёт ингибирования активации инфламмосомы NLRP3 [107]. Кроме того, активируя мембранные рецепторы MT1 и MT2, мелатонин оказывает противовоспалительное действие на эпителиальные клетки придатка семенника овец, снижая уровень экспрессии провоспалительных цитокинов и циклооксигеназы-2 [53]. Аналогичные исследования показали, что мелатонин, активируя мембранные рецепторы MT1 и MT2 и сигнальный путь PI3K/AKT, подавляет вызванную липополисахаридом воспалительную реакцию в эпителиальных клетках эндометрия овец [108]. Кроме того, мелатонин повышает титры антител у овец против штаммов *A1* и *C Dichelobacter nodosus* и эффективность вакцины против вируса диареи крупного рогатого скота [109, 110]. Таким образом, мелатонин обладает противовоспалительным и противовирусным действием у жвачных животных и может стать новой стратегией профилактики мастита у крупного рогатого скота, потенциально выступая альтернативой антибиотикам при лечении этого заболевания. Для изучения всего терапевтического потенциала мелатонина в ветеринарии необходимы дальнейшие исследования.

Выводы и перспективы. В целом мелатонин обладает специфическими биологическими свойствами и физиологическими функциями в животноводстве и может служить альтернативой антибиотикам. Результаты нашего обзора подчёркивают необходимость целенаправленных исследований, которые позволят полностью раскрыть потенциал мелатонина в улучшении самочувствия животных и повышении их продуктивности. В перспективе исследователям следует сосредоточиться на изучении механизмов, лежащих в основе действия мелатонина, поиске оптимальных способов его применения и оценке его долгосрочного влияния на различные аспекты здоровья и продуктивности животных, на применении мелатонина с пробиотиками/пребиотиками для синергического эффекта на микробиоту.

А также требуются продольные экономические исследования для расчета рентабельности применения мелатонина на крупных свиноводческих/птицеводческих комплексах.

Устранив эти пробелы в исследованиях, мы сможем в полной мере использовать потенциал мелатонина, проложив путь к устойчивым и эффективным методам животноводства.

Библиография

1. Шульга Н.Н., Шульга И.С., Плавшак Л.П. Антибиотики в животноводстве – пути решения проблемы // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 35–4. С. 52–55.
2. Antibiotic-induced dysbiosis of the rat oral and gut microbiota and resistance to Salmonella / H. Wu [et al.] // Arch Oral Biol. 2020. Т. 114. № 104730.
3. Лютых О. Животноводство без антибиотиков возможно! // Эффективное животноводство. 2020. № 4(161). С. 86–94.
4. Neuromodulatory role of melatonin in retinal information processing / H. Huang [et al.] // Prog Retin Eye Res. 2013. № 32. Pp. 64–87.
5. Арушанян Э.Б. Гормон эпифиза мелатонин и его лечебные возможности // РМЖ. 2005. Т. 13. № 26. С. 1755–1760.
6. Мелатонин – синхронизатор биологических ритмов / Е. В. Бочкарева, В. В. Жукова, А. С. Скородумова, В. В. Жигулина // Молодежь, наука, медицина: Материалы 64-й Всероссийской межвузовской студенческой научной конференции с международным участием, Тверь, 19–20 апреля 2018 года. Том 1. Тверь : Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тверская государственная медицинская академия Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2018. С. 223–227.
7. MT1 and MT2 melatonin receptors: a therapeutic perspective / J.Liu [et al.] // Pharmacol Toxicol. 2016. № 56. P. 83.
8. MT1 and MT2 melatonin receptors: ligands, models, oligomers, and therapeutic potential / D. P. Zlotos [et al.] // Med Chem. 2014. № 57. Pp. 3161–3185.
9. Gunata M., Parlakpınar H., Acet H.A. Melatonin: a review of its potential functions and effects on neurological diseases // Rev Neurol (Paris). 2020. № 176(3). P. 148–165.
10. Boutin J.A., Ferry G. Is there sufficient evidence that the melatonin binding site MT (3) is Quinone reductase 2? // J Pharmacol Exp Ther. 2019. № 368. P. 59–65.
11. Melatonin as an antioxidant: under promises but over delivers / R. J. Reiter [et al.] // Pineal Res. 2019. № 61. Pp. 253–278.
12. Vasey C., McBride J., Penta K. Circadian rhythm dysregulation and restoration: the role of melatonin // Nutrients. 2021. № 13. P. 3480.
13. Melatonin and its ubiquitous anticancer effects / S. Bhattacharya [et al.] // Mol Cell Biochem. 2019. № 462(1–2). Pp. 133–155.
14. The effect of oxidative stress on the chicken ovary: involvement of microbiota and melatonin interventions / J. Wang [et al.] // Antioxidants (Basel). 2021. № 10. P. 1422.
15. Рапопорт О.Л., Киселев Л.Ю., Новиков Н.Н. Использование мелатонина в животноводстве // Физиологические основы повышения продуктивности млекопитающих, введенных в зоокультуру: III Международный симпозиум: материалы симпозиума, Петрозаводск, 27–29 сентября 2005 года. Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2005. С. 141–142.
16. Melatonin mediates monochromatic light-induced expression of somatostatin in the hypothalamus and pituitary of chicks / X. Qin [et al.] // Poult Sci. 2021. № 100. P. 101285.
17. Арушанян Э.Б. Мелатонин как лечебное средство: состояние вопроса сегодня и грядущие перспективы // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2014. Т. 77. № 6. С. 39–44.
18. Арушанян Э.Б. Уникальный мелатонин: биологические свойства и фармакология. Ставрополь : Ставропольский государственный медицинский университет, 2006. С. 400.
19. О влиянии освещения на продуктивность кур / К. К. Круглова, И. О. Черепова, Э. О. Лойко, К. И. Плотников // Научное обозрение: актуальные вопросы теории и практики: сборник статей III Международной научно-практической конференции: в 2 ч., Пенза, 27 декабря 2022 года. Том Часть 1. Пенза : Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 80–82.

20. Козлов Д.Г., Казикова А.Р., Сухорукова В.А. Анализ влияния факторов искусственного света на продуктивность животных // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 25 февраля 2022 года. Том Часть I. Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. С. 61–68.
21. Chen B., You W., Shan T. The regulatory role of melatonin in skeletal muscle // *J Muscle Res Cell Motil.* 2020. № 41. Pp. 191–198.
22. Melatonin supplementation and anthropometric indices: a randomized double-blind controlled clinical trial / S. Mohammadi [et al.] // *Biomed Res Int.* 2021. № 41. Pp. 191–198.
23. Effects of melatonin on the proliferation and differentiation of rat adipose-derived stem cells / A. Zaminy [et al.] // *Indian J Plast Surg.* 2008. № 41. Pp. 8–14.
24. Melatonin induces fat browning by transdifferentiation of white adipocytes and de novo differentiation of mesenchymal stem cells / D. Salagre [et al.] // *Food Funct.* 2022. № 13. Pp. 3760–3775.
25. Melatonin regulates lipid metabolism in porcine oocytes / J. X. Jin [et al.] // *J Pineal Res.* 2017. № 62. P. 12388.
26. Effects of melatonin on intestinal function and bacterial compositions in sucking piglets / S. Xia [et al.] // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2022. № 106. Pp. 1139–1148.
27. Exogenous melatonin in the culture medium does not affect the development of in vivo-derived pig embryos but substantially improves the quality of in vitro-produced embryos / C. A. Martinez [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2022. № 11. P. 1177.
28. Supplementing merino ewes with melatonin during the last half of pregnancy improves tolerance of prolonged parturition and survival of second-born twin lambs / T. Flinn [et al.] // *J Anim Sci.* 2020. № 98. P. 372.
29. Maternal melatonin implants improve twin merino lamb survival / T. Flinn [et al.] // *J Anim Sci.* 2020. № 98. P. 344.
30. Rapid communication: maternal melatonin implants improve fetal oxygen supply and body weight at term in sheep pregnancies / F. Sales [et al.] // *J Anim Sci.* 2019. № 97. Pp. 839–845.
31. Canto F., González E., Abecia J.A. Effects of implanting exogenous melatonin 40 days before lambing on Milk and colostrum quality. *Animals (Basel).* 2022. № 12. P. 1257.
32. Exogenous melatonin and male foetuses improve the quality of sheep colostrum / J. A. Abecia [et al.] // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2020. № 104. Pp. 1305–1309.
33. Abecia J.A., Luis S., Canto F. Implanting melatonin at lambing enhances lamb growth and maintains high fat content in milk // *Vet Res Commun.* 2021. № 45. Pp. 181–188.
34. Association of Melatonin Administration in pregnant ewes with growth, redox status and immunity of their offspring / E. Bouroutzika [et al.] // *Animals (Basel).* 2021. № 11. P. 3161.
35. Melatonin promotes the growth and development of lambs by increasing growth hormone and testosterone, targeting on apoptosis signaling pathway and intestinal microflora / W. Ma [et al.] // *Front Endocrinol.* 2022. № 13. P. 966120.
36. Effects of prenatal and postnatal melatonin supplementation on overall performance, male reproductive performance, and testicular hemodynamics in beef cattle / D. S. Reid [et al.] // *J Anim Sci.* 2023. № 101. P. 111.
37. Effects of melatonin on dairy herd improvement (DHI) of Holstein cow with high SCS / H. Wu [et al.] // *Molecules.* 2021. № 26. P. 834.
38. Melatonin promotes the proliferation of chicken Sertoli cells by activating the ERK/inhibin alpha subunit signaling pathway / K. Xu [et al.] // *Molecules.* 2020. № 25. P. 1230.
39. Melatonin inhibits the apoptosis of rooster Leydig cells by suppressing oxidative stress via AKT-Nrf2 pathway activation / Y. Dong [et al.] // *Free Radic Biol Med.* 2020. № 160. Pp. 1–12.
40. Melatonin alleviates glyphosate-induced testosterone synthesis inhibition via targeting mitochondrial function in roosters / Y. L. Ren [et al.] // *Environ Pollut.* 2024. № 348. P. 123828.
41. Cryoprotective effect of melatonin supplementation on post-thawed rooster sperm quality / GMK Mehaisen, A. Partyka, Z. Ligocka, W. Niżański // *Anim Reprod Sci.* 2020. № 212. P. 106238.
42. Effect of melatonin on cryopreservation of Beijing you chicken (*Gallus gallus*) spermatozoa / L. Yan [et al.] // *Cryobiology.* 2024. № 114. P. 104794.
43. Melatonin regulates chicken granulosa cell proliferation and apoptosis by activating the mTOR signaling pathway via its receptors / E. Y. Hao [et al.] // *Poult Sci.* 2020. № 99. Pp. 6147–6162.
44. Melatonin regulates the ovarian function and enhances follicle growth in aging laying hens via activating the mammalian target of rapamycin pathway / E. Y. Hao [et al.] // *Poult Sci.* 2020. № 99. Pp. 2185–2195.
45. Melatonin implantation improved the egg-laying rate and quality in hens past their peak egg-laying age / Y. Jia [et al.] // *Sci Rep.* 2016. № 6. P. 39799.
46. Melatonin increases cleavage rate of porcine preimplantation embryos in vitro / N. Rodriguez-Osorio [et al.] // *J Pineal Res.* 2007. № 43. Pp. 283–288.
47. Melatonin enhances porcine embryo development via the Nrf2/ARE signaling pathway / E. H. Kim [et al.] // *J Mol Endocrinol.* 2019. № 63. Pp. 175–185.
48. Melatonin supplementation during the late gestational stage enhances reproductive performance of sows by regulating fluid shear stress and improving placental antioxidant capacity / L. Wang [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2023. № 12. P. 688.
49. Melatonin influences the sonic hedgehog signaling pathway in porcine cumulus oocyte complexes / S. Lee [et al.] // *J Pineal Res.* 2017. № 63. P. 12424.
50. Effects of melatonin on the synthesis of estradiol and gene expression in pig granulosa cells / Y. Liu, [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. e12546.
51. Melatonin modulates the functions of porcine granulosa cells via its membrane receptor MT2 in vitro / Y. M. He [et al.] // *Anim Reprod Sci.* 2016. № 172. Pp. 164–172.
52. Melatonin improves uterine-conceptus interaction via regulation of SIRT1 during early pregnancy / H. Bae [et al.] // *J Pineal Res.* 2020. № 69. e12670.
53. Effects of melatonin on the production of GnRH and LH in luteal cells of pregnant sows / W. Zhang [et al.] // *J Mol Endocrinol.* 2022. № 68. Pp. 111–123.
54. Melatonin alleviates defects induced by zearalenone during porcine embryo development / X. Yao [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 151. Pp. 66–73.

55. Melatonin attenuates Peroxynitrite-induced meiosis dysfunction in porcine oocytes / Y. Cao [et al.] // *Reprod Sci.* 2021. № 28. Pp. 1281–1289.
56. Melatonin enhances the development of porcine cloned embryos by improving DNA methylation reprogramming / J. Qu [et al.] // *Cell Reprogram.* 2020. № 22. Pp. 156–166.
57. Effects of feeding melatonin during proestrus and early gestation to gilts and parity 1 sows to minimize effects of seasonal infertility / L. S. Arend [et al.] // *J Anim Sci.* 2019. № 97. Pp. 4635–4646.
58. Role of melatonin in bovine reproductive biotechnology / Z. Li [et al.] // *Molecules.* 2023. № 28. P. 4940.
59. Effects of melatonin during IVM in defined medium on oocyte meiosis, oxidative stress, and subsequent embryo development / M. C. Rodrigues-Cunha [et al.] // *Theriogenology.* 2016. № 86. Pp. 1685–1694.
60. Melatonin enhances in vitro developmental competence of cumulus-oocyte complexes collected by ovum pick-up in prepubertal and adult dairy cattle / J. C. Gutiérrez-Añez [et al.] // *Theriogenology.* 2021. № 161. Pp. 285–293.
61. Evidence of melatonin synthesis in the cumulus oocyte complexes and its role in enhancing oocyte maturation in vitro in cattle / M. El-Raey [et al.] // *Mol Reprod Dev.* 2011. № 78. Pp. 250–262.
62. Melatonin improves rate of monospermic fertilization and early embryo development in a bovine IVF system / J.C. Gutiérrez-Añez [et al.] // *PLoS One.* 2021. № 16. e0256701.
63. Two melatonin treatments improve the conception rate after fixed-time artificial insemination in beef heifers following synchronisation of oestrous cycles using the CoSynch-56 protocol / L. Guo [et al.] // *Aust Vet J.* 2021. № 99. Pp. 449–455.
64. Dietary melatonin alters uterine artery hemodynamics in pregnant Holstein heifers / K.E. Brockus [et al.] // *Domest Anim Endocrinol.* 2016. № 55. Pp. 1–10.
65. Lemley C.O., Vonnahme K.A. Physiology and endocrinology symposium: alterations in uteroplacental hemodynamics during melatonin supplementation in sheep and cattle // *J Anim Sci.* 2017. № 95. Pp. 2211–2221.
66. Exogenous and endogenous factors in seasonality of reproduction in buffalo: a review / M. J. D'Occhio [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 150. Pp. 186–192.
67. Slow release exogenous melatonin modulates scrotal circumference and testicular parameters, libido, endocrinological profiles and antioxidant and oxidative stress profiles in mithun / P. Perumal [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 154. Pp. 1–10.
68. Antioxidant Defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update / P. F. Surai [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2019. № 8. P. 235.
69. Lauridsen C. From oxidative stress to inflammation: redox balance and immune system // *Poult Sci.* 2019. № 98. P. 4240–4246.
70. Melatonin stimulates the activity of the detoxifying enzyme glutathione peroxidase in several tissues of chicks / M. I. Pablos [et al.] // *J Pineal Res.* 1995. № 19. Pp. 111–115.
71. Protective effects of melatonin in reduction of oxidative damage and immunosuppression induced by aflatoxin B1-contaminated diets in young chicks / M. Sirajudeen [et al.] // *Environ Toxicol.* 2011. № 26. Pp. 153–160.
72. The antagonistic effect of melatonin on TBBPA-induced apoptosis and necroptosis via PTEN/PI3K/AKT signaling pathway in swine testis cells / K. Sun [et al.] // *Environ Toxicol.* 2022. № 37. Pp. 2281–2290.
73. Melatonin alleviates the heat stress-induced impairment of Sertoli cells by reprogramming glucose metabolism / C. C. Deng [et al.] // *J Pineal Res.* 2022. № 73. e12819.
74. Melatonin mitigates chloroquine-induced defects in porcine immature Sertoli cells / Q. Mou [et al.] // *Theriogenology.* 2022. № 177. Pp. 1–10.
75. Биохимический статус и продуктивные качества свиней (*Sus scrofa domestica*) при моделировании стресса и его коррекции / Р. В. Некрасов [и др.] // *Сельскохозяйственная биология.* 2023. Т. 58. № 4. С. 638–659.
76. Melatonin protects in vitro matured porcine oocytes from toxicity of aflatoxin B1 / L. Cheng [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. P. 12543.
77. Melatonin protects porcine oocyte in vitro maturation from heat stress / Y. Li [et al.] // *J Pineal Res.* 2015. № 59. Pp. 365–375.
78. Melatonin protects porcine oocyte from copper exposure potentially by reducing oxidative stress potentially through the Nrf2 pathway / C. Zhan [et al.] // *Theriogenology.* 2022. № 193. Pp. 1–10.
79. Melatonin enhances mitochondrial biogenesis and protects against rotenone-induced mitochondrial deficiency in early porcine embryos / Y. J. Niu. [et al.] // *J Pineal Res.* 2020. № 68. P. 12627.
80. Melatonin prolongs graft survival of pancreas allotransplants in pigs / F. A. García-Gil [et al.] // *J Pineal Res.* 2011. № 51. Pp. 445–453.
81. Melatonin alleviates β -zearalenol and HT-2 toxin-induced apoptosis and oxidative stress in bovine ovarian granulosa cells / F. Yang [et al.] // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2019. № 68. Pp. 52–60.
82. Melatonin protects against paraquat-induced damage during in vitro maturation of bovine oocytes / Y. W. Pang [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. e12532.
83. Melatonin inhibits paraquat-induced cell death in bovine preimplantation embryos / Y. W. Pang [et al.] // *J Pineal Res.* 2016. № 60. Pp. 155–166.
84. Melatonin attenuates oxidative stress-induced apoptosis of bovine ovarian granulosa cells by promoting Mitophagy via SIRT1/FoxO1 signaling pathway / G. Xu [et al.] // *Int J Mol Sci.* 2023. № 24. P. 12854.
85. Melatonin supplementation during in vitro maturation of oocyte enhances subsequent development of bovine cloned embryos / Q. An [et al.] // *J Cell Physiol.* 2019. № 234. Pp. 17370–17381.
86. Морфологические и физиологические особенности половой системы животных: методические указания / сост. М. В. Назаров, Б. В. Гаврилов // *КубГАУ.* 2019. 20 с.
87. Melatonin slightly alleviates the effect of heat shock on bovine oocytes and resulting blastocysts / S. Yaacobi-Artzi [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 158. Pp. 477–489.
88. Effects of melatonin on production of reactive oxygen species and developmental competence of bovine oocytes exposed to heat shock and oxidative stress during in vitro maturation / F. C. Cavallari [et al.] // *Zygote.* 2019. № 27. Pp. 180–186.
89. Research progress on the mechanisms underlying poultry immune regulation by plant polysaccharides / R. H. Zhao [et al.] // *Front Vet Sci.* 2023. № 10. P. 1175848.

90. Стресс и иммуносупрессия: возможности фармакокоррекции / Т. В. Герунов [и др.] // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2023. Т. 9. № 3(35). С. 271–281.
91. Effect of melatonin on renewal of chicken small intestinal mucosa / J. Li [et al.] // Poult Sci. 2017. № 96. Pp. 2942–2949.
92. Effects of photoperiod and melatonin on lymphocyte activities in male broiler chickens / C. A. Kliger [et al.] // Poult Sci. 2000. № 79. Pp. 18–25.
93. Effect of melatonin on monochromatic light-induced T-lymphocyte proliferation in the thymus of chickens / F. Chen [et al.] // J Photochem Photobiol B. 2016. № 161. Pp. 9–16.
94. Melatonin receptor subtypes Mel1a and Mel1c but not Mel1b are associated with monochromatic light-induced B-lymphocyte proliferation in broilers / J. Li [et al.] // Domest Anim Endocrinol. 2013. № 45. Pp. 206–215.
95. Melatonin mediates monochromatic light-induced proliferation of T/B lymphocytes in the spleen via the membrane receptor or nuclear receptor / J. Xiong [et al.] // Poult Sci. 2020. № 99. Pp. 4294–4302.
96. Physiological crosstalk between the AC/PKA and PLC/PKC pathways modulates melatonin-mediated, monochromatic-light-induced proliferation of T-lymphocytes in chickens / Q. Guo [et al.] // Cell Tissue Res. 2017. № 369. Pp. 555–565.
97. Markowska M., Mrozkowiak A., Skwarło-Sonta K. Influence of melatonin on chicken lymphocytes in vitro: involvement of membrane receptors // Neuro Endocrinol Lett. 2002. № 23. Pp. 67–72.
98. Markowska M., Waloch M., Skwarło-Sonta K. Melatonin inhibits PHA-stimulated chicken lymphocyte proliferation in vitro // J Pineal Res. 2001. № 30. Pp. 220–226.
99. Melatonin shapes bacterial clearance function of porcine macrophages during enterotoxigenic Escherichia coli infection / L. Du [et al.] // Anim Nutr. 2022. № 11. Pp. 242–251.
100. Melatonin treatment of pigs with acute pancreatitis reduces inflammatory reaction of pancreatic tissue and enhances fitness score of pigs: experimental research / K. Grupp [et al.] // World J Emerg Surg. 2019. № 14. P. 18.
101. Advances in therapeutic and management approaches of bovine mastitis: a comprehensive review / K. Sharun [et al.] // Vet Q. 2021. № 41. Pp. 107–136.
102. Li H., Sun P. Insight of melatonin: the potential of melatonin to treat Bacteria-induced mastitis // Antioxidants (Basel). 2022. № 11. P. 1107.
103. The anti-inflammatory and antioxidant effects of melatonin on LPS-stimulated bovine mammary epithelial cells / G. M. Yu [et al.] // PLoS One. 2017. № 12. e0178525.
104. Melatonin maintains homeostasis and potentiates the anti-inflammatory response in Staphylococcus aureus-induced mastitis through microRNA-16b/YAP1 / Z. Chen [et al.] // J Agric Food Chem. 2022. № 70. Pp. 15255–15270.
105. Alleviative effect of melatonin on the decrease of uterine receptivity caused by blood ammonia through ROS/NF-κB pathway in dairy cow / P. Zheng [et al.] // Ecotoxicol Environ Saf. 2022. № 231. P. 113166.
106. Melatonin alleviates lipopolysaccharide-induced Endometritis by inhibiting the activation of NLRP3 Inflammasome through autophagy / Y. Gao [et al.] // Animals (Basel). 2023. № 13. P. 2449.
107. Melatonin protects sheep endometrial epithelial cells against lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro / W. Ge [et al.] // Reprod Domest Anim. 2022. № 57. Pp. 1602–1614.
108. Melatonin enhances the immune response to vaccination against A1 and C strains of Dichelobacter nodosus / S. Regodón [et al.] // Vaccine. 2009. № 27. Pp. 1566–1570.
109. Melatonin as immune Potentiator for enhancing subunit vaccine efficacy against bovine viral diarrhea virus / Y. X. Wang [et al.] // Vaccines (Basel). 2021. № 9. P. 1039.

References

1. Shulga N.N., Shulga I.S., Plavshak L.P. Antibiotics in animal husbandry – ways to solve the problem // Trends in the development of science and education. 2018. № 35–4. Pp. 52–55.
2. Antibiotic-induced dysbiosis of the rat oral and gut microbiota and resistance to Salmonella / H. Wu [et al.] // Arch Oral Biol. 2020. T. 114. № 104730.
3. Lyutykh O. Animal husbandry is possible without antibiotics! // Efficient animal husbandry. 2020. № 4(161). Pp. 86–94.
4. Neuromodulatory role of melatonin in retinal information processing / H. Huang [et al.] // Prog Retin Eye Res. 2013. № 32. Pp. 64–87.
5. Arushanyan E.B. The hormone of the epiphysis melatonin and its therapeutic possibilities // RMJ. 2005. Vol. 13, № 26. Pp. 1755–1760.
6. Melatonin is a synchronizer of biological rhythms / E. V. Bochkareva, V. V. Zhukova, A. S. Skorodumova, V. V. Zhigulina // Youth, science, medicine: Proceedings of the 64th All-Russian Interuniversity Student Scientific Conference with international participation, Tver, April 19-20, 2018. Volume 1. Tver : State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education Tver State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation. 2018. Pp. 223-227.
7. MT1 and MT2 melatonin receptors: a therapeutic perspective / J.Liu [et al.] // Pharmacol Toxicol. 2016. № 56. P. 83.
8. MT1 and MT2 melatonin receptors: ligands, models, oligomers, and therapeutic potential / D. P. Zlotos [et al.] // Med Chem. 2014. № 57. P. 3161–3185.
9. Gunata M., Parlakpınar H., Acet H. A. Melatonin: a review of its potential functions and effects on neurological diseases // Rev Neurol (Paris). 2020. № 176(3). Pp.148–165.
10. Boutin J.A., Ferry G. Is there sufficient evidence that the melatonin binding site MT (3) is Quinone reductase 2? J Pharmacol Exp Ther. 2019. № 368. Pp. 59–65.
11. Melatonin as an antioxidant: under promises but over delivers / R. J. Reiter [et al.] // Pineal Res. 2019. № 61. Pp. 253–278.
12. Vasey C., McBride J., Penta K. Circadian rhythm dysregulation and restoration: the role of melatonin. Nutrients. 2021. № 13. P. 3480.
13. Melatonin and its ubiquitous anticancer effects / S. Bhattacharya [et al.] // Mol Cell Biochem. 2019. № 462(1–2). Pp. 133–155.
14. The effect of oxidative stress on the chicken ovary: involvement of microbiota and melatonin interventions / J. Wang [et al.] // Antioxidants (Basel). 2021. № 10. P. 1422.
15. Rapopor O.L., Kiselyov L.Y., Novikov N.N. The use of melatonin in animal husbandry // Physiological foundations of increasing the productivity of mammals introduced into animal culture: III International Symposium: proceedings of the Symposium,

- Petrozavodsk, September 27–29, 2005. Petrozavodsk : Karelian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2005. Pp. 141–142.
16. Melatonin mediates monochromatic light-induced expression of somatostatin in the hypothalamus and pituitary of chicks / X. Qin [et al.] // *Poult Sci.* 2021. № 100. P. 101285.
 17. Arushanyan E.B. Melatonin as a therapeutic agent: the state of the issue today and future prospects / E. B. Arushanyan // *Experimental and clinical pharmacology.* 2014. Vol. 77. № 6. Pp. 39–44.
 18. Arushanyan E.B. Unique melatonin: biological properties and pharmacology / E. B. Arushanyan. Stavropol : Stavropol State Medical University. 2006. P 400.
 19. On the influence of lighting on the productivity of chickens / K. K. Kruglova, I. O. Cherepova, E. O. Loiko, K. I. Plotnikov // *Scientific review: current issues of theory and practice: collection of articles of the III International Scientific and Practical Conference: at 2 a.m., Penza, December 27, 2022. Volume Part 1. Penza: Science and Enlightenment (IP Gulyaev G.Yu.).* 2022. Pp. 80-82.
 20. Kozlov D.G., Kazikova, A.R., Sukhorukova V.A. Analysis of the influence of artificial light factors on animal productivity // *Trends in the development of technical means and technologies in agriculture: Proceedings of the international scientific and practical conference, Voronezh, February 25, 2022. Volume Part I. Voronezh : Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great.* 2022. Pp. 61–68.
 21. Chen B., You W., Shan T. The regulatory role of melatonin in skeletal muscle // *J Muscle Res Cell Motil.* 2020. № 41. Pp. 191–198.
 22. Melatonin supplementation and anthropometric indices: a randomized double-blind controlled clinical trial / S. Mohammadi [et al.] // *Biomed Res Int.* 2021. № 41. Pp. 191–198.
 23. Effects of melatonin on the proliferation and differentiation of rat adipose-derived stem cells / A. Zaminy [et al.] // *Indian J Plast Surg.* 2008. № 41. Pp. 8–14.
 24. Melatonin induces fat browning by transdifferentiation of white adipocytes and de novo differentiation of mesenchymal stem cells / D. Salagre [et al.] // *Food Funct.* 2022. № 13. Pp. 3760–3775.
 25. Melatonin regulates lipid metabolism in porcine oocytes / J. X. Jin [et al.] // *J Pineal Res.* 2017. № 62. P. 12388.
 26. Effects of melatonin on intestinal function and bacterial compositions in sucking piglets / S. Xia [et al.] // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2022. № 106. Pp. 1139–1148.
 27. Exogenous melatonin in the culture medium does not affect the development of in vivo-derived pig embryos but substantially improves the quality of in vitro-produced embryos / C. A. Martinez [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2022. № 11. P. 1177.
 28. Supplementing merino ewes with melatonin during the last half of pregnancy improves tolerance of prolonged parturition and survival of second-born twin lambs / T. Flinn [et al.] // *J Anim Sci.* 2020. № 98. P. 372.
 29. Maternal melatonin implants improve twin merino lamb survival / T. Flinn [et al.] // *J Anim Sci.* 2020. № 98. P. 344.
 30. Rapid communication: maternal melatonin implants improve fetal oxygen supply and body weight at term in sheep pregnancies / F. Sales [et al.] // *J Anim Sci.* 2019. № 97. Pp. 839–845.
 31. Canto F., González E., Abecia J.A. Effects of implanting exogenous melatonin 40 days before lambing on Milk and colostrum quality. *Animals (Basel).* 2022. № 12. P.1257.
 32. Exogenous melatonin and male foetuses improve the quality of sheep colostrum / J. A. Abecia [et al.] // *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl).* 2020. № 104. Pp.1305–1309.
 33. Abecia J.A., Luis S., Canto F. Implanting melatonin at lambing enhances lamb growth and maintains high fat content in milk. *Vet Res Commun.* 2021. № 45. Pp.181–188.
 34. Association of Melatonin Administration in pregnant ewes with growth, redox status and immunity of their offspring / E. Bouroutzika [et al.] // *Animals (Basel).* 2021. № 11. P. 3161.
 35. Melatonin promotes the growth and development of lambs by increasing growth hormone and testosterone, targeting on apoptosis signaling pathway and intestinal microflora / W. Ma [et al.] // *Front Endocrinol.* 2022. № 13. P. 966120.
 36. Effects of prenatal and postnatal melatonin supplementation on overall performance, male reproductive performance, and testicular hemodynamics in beef cattle / D. S. Reid [et al.] // *J Anim Sci.* 2023. № 101. P. 111.
 37. Effects of melatonin on dairy herd improvement (DHI) of Holstein cow with high SCS / H. Wu [et al.] // *Molecules.* 2021. № 26. P. 834.
 38. Melatonin promotes the proliferation of chicken Sertoli cells by activating the ERK/inhibin alpha subunit signaling pathway / K. Xu [et al.] // *Molecules.* 2020. № 25. P. 1230.
 39. Melatonin inhibits the apoptosis of rooster Leydig cells by suppressing oxidative stress via AKT-Nrf2 pathway activation / Y. Dong [et al.] // *Free Radic Biol Med.* 2020. № 160. Pp. 1–12.
 40. Melatonin alleviates glyphosate-induced testosterone synthesis inhibition via targeting mitochondrial function in roosters / Y. L. Ren [et al.] // *Environ Pollut.* 2024. № 348. P. 123828.
 41. Cryoprotective effect of melatonin supplementation on post-thawed rooster sperm quality / GMK Mehaisen, A. Parityka, Z. Ligocka, W. Niżański // *Anim Reprod Sci.* 2020. № 212. P. 106238.
 42. Effect of melatonin on cryopreservation of Beijing you chicken (*Gallus gallus*) spermatozoa / L. Yan [et al.] // *Cryobiology.* 2024. № 114. P. 104794.
 43. Melatonin regulates chicken granulosa cell proliferation and apoptosis by activating the mTOR signaling pathway via its receptors / E. Y. Hao [et al.] // *Poult Sci.* 2020. № 99. Pp. 6147–6162.
 44. Melatonin regulates the ovarian function and enhances follicle growth in aging laying hens via activating the mammalian target of rapamycin pathway / E. Y. Hao [et al.] // *Poult Sci.* 2020. № 99. Pp. 2185–2195.
 45. Melatonin implantation improved the egg-laying rate and quality in hens past their peak egg-laying age / Y. Jia [et al.] // *Sci Rep.* 2016. № 6. P. 39799.
 46. Melatonin increases cleavage rate of porcine preimplantation embryos in vitro / N. Rodriguez-Osorio [et al.] // *J Pineal Res.* 2007. № 43. Pp. 283–288.
 47. Melatonin enhances porcine embryo development via the Nrf2/ARE signaling pathway / E. H. Kim [et al.] // *J Mol Endocrinol.* 2019. № 63. Pp.175–185.
 48. Melatonin supplementation during the late gestational stage enhances reproductive performance of sows by regulating fluid shear stress and improving placental antioxidant capacity / L. Wang [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2023. № 12. P.688.

49. Melatonin influences the sonic hedgehog signaling pathway in porcine cumulus oocyte complexes / S. Lee [et al.] // *J Pineal Res.* 2017. № 63. P. 12424.
50. Effects of melatonin on the synthesis of estradiol and gene expression in pig granulosa cells / Y. Liu [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. e12546.
51. Melatonin modulates the functions of porcine granulosa cells via its membrane receptor MT2 in vitro / Y. M. He [et al.] // *Anim Reprod Sci.* 2016. № 172. Pp. 164–172.
52. Melatonin improves uterine-conceptus interaction via regulation of SIRT1 during early pregnancy / H. Bae [et al.] // *J Pineal Res.* 2020. № 69. e12670.
53. Effects of melatonin on the production of GnRH and LH in luteal cells of pregnant sows / W. Zhang [et al.] // *J Mol Endocrinol.* 2022. № 68. Pp. 111–123.
54. Melatonin alleviates defects induced by zearalenone during porcine embryo development / X. Yao [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 151. Pp. 66–73.
55. Melatonin attenuates Peroxynitrite-induced meiosis dysfunction in porcine oocytes / Y. Cao [et al.] // *Reprod Sci.* 2021. № 28. Pp.1281–1289.
56. Melatonin enhances the development of porcine cloned embryos by improving DNA methylation reprogramming / J. Qu [et al.] // *Cell Reprogram.* 2020. № 22. Pp.156–166.
57. Effects of feeding melatonin during proestrus and early gestation to gilts and parity 1 sows to minimize effects of seasonal infertility / L. S. Arend [et al.] // *J Anim Sci.* 2019. № 97. Pp. 4635–4646.
58. Role of melatonin in bovine reproductive biotechnology / Z. Li [et al.] // *Molecules.* 2023. № 28. P. 4940.
59. Effects of melatonin during IVM in defined medium on oocyte meiosis, oxidative stress, and subsequent embryo development / M. C. Rodrigues-Cunha [et al.] // *Theriogenology.* 2016. № 86. Pp. 1685–1694.
60. Melatonin enhances in vitro developmental competence of cumulus-oocyte complexes collected by ovum pick-up in prepubertal and adult dairy cattle / J. C. Gutiérrez-Añez [et al.] // *Theriogenology.* 2021. № 161. Pp. 285–93.
61. Evidence of melatonin synthesis in the cumulus oocyte complexes and its role in enhancing oocyte maturation in vitro in cattle / M. El-Raey [et al.] // *Mol Reprod Dev.* 2011. № 78. Pp. 250–262.
62. Melatonin improves rate of monospermic fertilization and early embryo development in a bovine IVF system / J.C. Gutiérrez-Añez [et al.] // *PLoS One.* 2021. № 16. e0256701.
63. Two melatonin treatments improve the conception rate after fixed-time artificial insemination in beef heifers following synchronisation of oestrous cycles using the CoSynch-56 protocol / L. Guo [et al.] // *Aust Vet J.* 2021. № 99. Pp. 449–455.
64. Dietary melatonin alters uterine artery hemodynamics in pregnant Holstein heifers / K. E. Brockus [et al.] // *Domest Anim Endocrinol.* 2016. № 55. Pp. 1–10.
65. Lemley C.O., Vonnahme K.A. Physiology and endocrinology symposium: alterations in uteroplacental hemodynamics during melatonin supplementation in sheep and cattle // *J Anim Sci.* 2017. № 95. Pp. 2211–2221.
66. Exogenous and endogenous factors in seasonality of reproduction in buffalo: a review / M. J. D'Occhio [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 150. Pp. 186–192.
67. Slow release exogenous melatonin modulates scrotal circumference and testicular parameters, libido, endocrinological profiles and antioxidant and oxidative stress profiles in mithun / P. Perumal [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 154. Pp. 1–10.
68. Antioxidant Defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update / P. F. Surai [et al.] // *Antioxidants (Basel).* 2019. № 8. P. 235.
69. Lauridsen C. From oxidative stress to inflammation: redox balance and immune system // *Poult Sci.* 2019. № 98. Pp. 4240–4246.
70. Melatonin stimulates the activity of the detoxifying enzyme glutathione peroxidase in several tissues of chicks / M. I. Pablos [et al.] // *J Pineal Res.* 1995. № 19. Pp. 111–115.
71. Protective effects of melatonin in reduction of oxidative damage and immunosuppression induced by aflatoxin B1-contaminated diets in young chicks / M. Sirajudeen [et al.] // *Environ Toxicol.* 2011. № 26. Pp. 153–160.
72. The antagonistic effect of melatonin on TBBPA-induced apoptosis and necroptosis via PTEN/PI3K/AKT signaling pathway in swine testis cells/ K. Sun [et al.] // *Environ Toxicol.* 2022. № 37. Pp. 2281–2290.
73. Melatonin alleviates the heat stress-induced impairment of Sertoli cells by reprogramming glucose metabolism / C. C. Deng [et al.] // *J Pineal Res.* 2022. № 73. e12819.
74. Melatonin mitigates chloroquine-induced defects in porcine immature Sertoli cells / Q. Mou [et al.] // *Theriogenology.* 2022. № 177. Pp. 1–10.
75. Biochemical status and productive qualities of pigs (*Sus scrofa domestica*) in stress modeling and correction / R. V. Nekrasov, N. V. Bogolyubova, K. S. Ostrenko [et al.] // *Agricultural Biology.* 2023. Vol. 58, № 4. Pp. 638–659.
76. Melatonin protects in vitro matured porcine oocytes from toxicity of aflatoxin B1 / L. Cheng [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. P. 12543.
77. Melatonin protects porcine oocyte in vitro maturation from heat stress / Y. Li [et al.] // *J Pineal Res.* 2015. № 59. Pp. 365–375.
78. Melatonin protects porcine oocyte from copper exposure potentially by reducing oxidative stress potentially through the Nrf2 pathway / C. Zhan [et al.] // *Theriogenology.* 2022. № 193. Pp. 1–10.
79. Melatonin enhances mitochondrial biogenesis and protects against rotenone-induced mitochondrial deficiency in early porcine embryos / Y. J. Niu [et al.] // *J Pineal Res.* 2020. № 68. P. 12627.
80. Melatonin prolongs graft survival of pancreas allotransplants in pigs / F. A. García-Gil [et al.] // *J Pineal Res.* 2011. № 51. Pp. 445–453.
81. Melatonin alleviates β -zearalenol and HT-2 toxin-induced apoptosis and oxidative stress in bovine ovarian granulosa cells / F. Yang [et al.] // *Environ Toxicol Pharmacol.* 2019. № 68. Pp. 52–60.
82. Melatonin protects against paraquat-induced damage during in vitro maturation of bovine oocytes / Y. W. Pang [et al.] // *J Pineal Res.* 2019. № 66. e12532.
83. Melatonin inhibits paraquat-induced cell death in bovine preimplantation embryos / Y. W. Pang [et al.] // *J Pineal Res.* 2016. № 60. Pp. 155–166.

84. Melatonin attenuates oxidative stress-induced apoptosis of bovine ovarian granulosa cells by promoting Mitophagy via SIRT1/FoxO1 signaling pathway / G. Xu [et al.] // *Int J Mol Sci.* 2023. № 24. P. 12854.
85. Melatonin supplementation during in vitro maturation of oocyte enhances subsequent development of bovine cloned embryos / Q. An [et al.] // *J Cell Physiol.* 2019. № 234. Pp. 17370–17381.
86. Morphological and physiological features of the reproductive system of animals: methodological guidelines / comp. M. V. Nazarov, B. V. Gavrilov // *KubSAU.* 2019. 20 p.
87. Melatonin slightly alleviates the effect of heat shock on bovine oocytes and resulting blastocysts / S. Yaacobi-Artzi [et al.] // *Theriogenology.* 2020. № 158. Pp. 477–489.
88. Effects of melatonin on production of reactive oxygen species and developmental competence of bovine oocytes exposed to heat shock and oxidative stress during in vitro maturation / F. C. Cavallari [et al.] // *Zygote.* 2019. № 27. Pp. 180–186.
89. Research progress on the mechanisms underlying poultry immune regulation by plant polysaccharides / R. H. Zhao [et al.] // *Front Vet Sci.* 2023. № 10. P. 1175848.
90. Stress and immunosuppression: possibilities of pharmacocorrection / T. V. Gerunov, L. K. Gerunova, Yu. N. Fedorov [et al.] // *Bulletin of the Mari State University. Series: Agricultural Sciences. Economic sciences.* 2023. Vol. 9. № 3(35). Pp. 271–281.
91. Effect of melatonin on renewal of chicken small intestinal mucosa / J. Li [et al.] // *Poult Sci.* 2017. № 96. Pp. 2942–2949.
92. Effects of photoperiod and melatonin on lymphocyte activities in male broiler chickens / C. A. Kliger [et al.] // *Poult Sci.* 2000. № 79. Pp. 18–25.
93. Effect of melatonin on monochromatic light-induced T-lymphocyte proliferation in the thymus of chickens / F. Chen [et al.] // *J Photochem Photobiol B.* 2016. № 161. Pp. 9–16.
94. Melatonin receptor subtypes Mel1a and Mel1c but not Mel1b are associated with monochromatic light-induced B-lymphocyte proliferation in broilers / J. Li [et al.] // *Domest Anim Endocrinol.* 2013. № 45. Pp. 206–215.
95. Melatonin mediates monochromatic light-induced proliferation of T/B lymphocytes in the spleen via the membrane receptor or nuclear receptor / J. Xiong [et al.] // *Poult Sci.* 2020. № 99. Pp. 4294–4302.
96. Physiological crosstalk between the AC/PKA and PLC/PKC pathways modulates melatonin-mediated, monochromatic-light-induced proliferation of T-lymphocytes in chickens / Q. Guo [et al.] // *Cell Tissue Res.* 2017. № 369. Pp. 555–565.
97. Markowska M., Mrozkowiak A., Skwarło-Sonta K. Influence of melatonin on chicken lymphocytes in vitro: involvement of membrane receptors // *Neuro Endocrinol Lett.* 2002. № 23. Pp. 67–72.
98. Markowska M., Waloch M., Skwarło-Sonta K. Melatonin inhibits PHA-stimulated chicken lymphocyte proliferation in vitro // *J Pineal Res.* 2001. № 30. Pp. 220–226.
99. Melatonin shapes bacterial clearance function of porcine macrophages during enterotoxigenic *Escherichia coli* infection / L. Du [et al.] // *Anim Nutr.* 2022. № 11. Pp. 242–251.
100. Melatonin treatment of pigs with acute pancreatitis reduces inflammatory reaction of pancreatic tissue and enhances fitness score of pigs: experimental research / K. Grupp [et al.] // *World J Emerg Surg.* 2019. № 14. P. 18.
101. Advances in therapeutic and management approaches of bovine mastitis: a comprehensive review / K. Sharun [et al.] // *Vet Q.* 2021. № 41. Pp. 107–136.
102. Li H., Sun P. Insight of melatonin: the potential of melatonin to treat Bacteria-induced mastitis // *Antioxidants (Basel).* 2022. № 11. Pp. 1107.
103. The anti-inflammatory and antioxidant effects of melatonin on LPS-stimulated bovine mammary epithelial cells / G. M. Yu [et al.] // *PLoS One.* 2017. № 12. e0178525.
104. Melatonin maintains homeostasis and potentiates the anti-inflammatory response in *Staphylococcus aureus*-induced mastitis through microRNA-16b/YAP1 / Z. Chen [et al.] // *J Agric Food Chem.* 2022. № 70. Pp. 15255–15270.
105. Alleviative effect of melatonin on the decrease of uterine receptivity caused by blood ammonia through ROS/NF- κ B pathway in dairy cow / P. Zheng [et al.] // *Ecotoxicol Environ Saf.* 2022. № 231. P. 113166.
106. Melatonin alleviates lipopolysaccharide-induced Endometritis by inhibiting the activation of NLRP3 Inflammasome through autophagy / Y. Gao [et al.] // *Animals (Basel).* 2023. № 13. P. 2449.
107. Melatonin protects sheep endometrial epithelial cells against lipopolysaccharide-induced inflammation in vitro / W. Ge [et al.] // *Reprod Domest Anim.* 2022. № 57. Pp. 1602–1614.
108. Melatonin enhances the immune response to vaccination against A1 and C strains of *Dichelobacter nodosus* / S. Regodón [et al.] // *Vaccine.* 2009. № 27. Pp. 1566–1570.
109. Melatonin as immune Potentiator for enhancing subunit vaccine efficacy against bovine viral diarrhea virus / Y. X. Wang [et al.] // *Vaccines (Basel).* 2021. № 9. P. 1039.

Сведения об авторах

Эльбекьян Карине Сергеевна, доктор биологических наук, заведующий кафедрой общей и биологической химии, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет», ул. Мира, д. 310, г. Ставрополь, Россия, 355017;
Маркарова Евгения Викторовна, ассистент кафедры общей и биологической химии, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет», ул. Мира, д. 310, г. Ставрополь, Россия, 355017;
Муравьева Анна Борисовна, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры общей и биологической химии, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет», ул. Мира, д. 310, г. Ставрополь, Россия, 355017, тел.: 89624553511, e-mail: Muraveva.Anya@yandex.ru.

Information about authors

Elbekyan Karine S., Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of General and Biological Chemistry, Stavropol State Medical University, ul. Mira, 310, Stavropol, Russia, 355017;
Markarova Evgeniya V., Assistant Professor at the Department of General and Biological Chemistry, Stavropol State Medical University, ul. Mira, 310, Stavropol, Russia, 355017;
Muravyeva Anna B., Candidate of Biological Sciences, Senior lecturer at the Department of General and Biological Chemistry, Stavropol State Medical University, ul. Mira, 310, Stavropol, Russia, 355017, tel.: 89624553511, e-mail: Muraveva.Anya@yandex.ru.

ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗВИТИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА И РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 636.2.088.3:636.087.7

Е.В. Егорова, Е.П. Смурзина, В.Г. Семенов

РЕАЛИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛА МЯСНЫХ КАЧЕСТВ ГОЛШТИНСКИХ БЫЧКОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРА

Аннотация. В условиях дефицита мясного сырья в Российской Федерации и необходимости интенсификации животноводства, поиск эффективных методов повышения мясной продуктивности крупного рогатого скота является приоритетной задачей. Особое внимание уделяется реализации генетического потенциала голштинской породы через применение инновационных методов стимуляции метаболизма. Целью исследования стала оценка влияния отечественных биостимулирующих средств нового поколения на мясные качества бычков голштинской породы. Эксперимент проводился с мая 2024 по август 2025 года на 4 группах бычков голштинской породы (по 10 голов): контрольная (без добавок), 1-я опытная (FortiGest), 2-я опытная (BIOXYMIN IFEED) и 3-я опытная (FortiGest + BIOXYMIN IFEED). Оценивались зоотехнические показатели, убойные характеристики, морфологический состав туш и сортность мякоти. Результаты показали значительное превосходство опытных групп над контрольной, особенно в 3-й группе, получавшей комбинированный препарат FortiGest и пробиотик BIOXYMIN IFEED. У бычков этой группы зафиксировано существенное увеличение предубойной живой массы, массы парной и охлажденной туши, убойного выхода и массы внутреннего жира. Морфологический анализ туш выявил значительный прирост общей массы мякоти (на 8,5 % по сравнению с контролем), увеличение выхода мякоти и индекса мясности. Отмечено повышение доли высокоценных отрубов (спиногрудной, поясничной, тазобедренной) и улучшение сортности мякоти за счет роста высшего и первого сортов при снижении второго. Таким образом, сочетанное применение биостимулятора FortiGest и пробиотика BIOXYMIN IFEED является высокоэффективным решением для оптимизации мясного животноводства, способствующим как количественному увеличению продуктивности, так и значительному улучшению качественных характеристик мясной продукции.

Ключевые слова: бычки, голштинская порода, биостимулятор, пробиотик, мясная продуктивность, убойные качества, морфологический состав туш, сортность мякоти.

REALIZING THE MEAT QUALITY POTENTIAL OF HOLSTEIN BULLS THROUGH BIOSTIMULATOR APPLICATION

Abstract. Given the deficit of meat raw materials in the Russian Federation and the need for livestock intensification, finding effective methods to increase beef cattle productivity is a priority. Particular attention is paid to realizing the genetic potential of the Holstein breed through innovative methods of metabolism stimulation. The aim of this study was to evaluate the effect of new-generation domestic biostimulants on the meat quality of Holstein bull-calves. The experiment was conducted from May 2024 to August 2025 on four groups of Holstein bull-calves (10 animals per group): a control group (without additives), a 1st experimental group (FortiGest), a 2nd experimental group (BIOXYMIN IFEED), and a 3rd experimental group (FortiGest + BIOXYMIN IFEED). Zootechnical parameters, slaughter characteristics, morphological composition of carcasses, and meat cut grades were evaluated. The results demonstrated a significant superiority of the experimental groups over the control, particularly in the 3rd group, which received the combined FortiGest biostimulant and BIOXYMIN IFEED probiotic. Bull-calves in this group showed a significant increase in pre-slaughter live weight, hot and chilled carcass weight, slaughter yield, and internal fat mass. Morphological analysis of the carcasses revealed a significant increase in total lean meat mass (by 8.5 % compared to the control), an increased lean meat yield, and an improved meatiness index. A higher proportion of high-value cuts (loin, sirloin, hindquarter) was observed, along with an improvement in meat quality grades, evidenced by an increase in premium and first-grade cuts and a reduction in second-grade cuts. In conclusion, the combined application of the FortiGest biostimulant and BIOXYMIN IFEED probiotic represents a highly effective solution for optimizing beef cattle farming, contributing to both quantitative increases in productivity and significant improvements in the qualitative characteristics of meat products.

Keywords: bull-calves, Holstein breed, biostimulant, probiotic, meat productivity, slaughter characteristics, carcass morphological composition, meat quality grades.

Введение.

Стабильное функционирование отрасли мясного скотоводства является приоритетным вектором сельскохозяйственного развития для большинства регионов страны. Однако в последние годы в отечественном животноводстве наблюдается депрессивная динамика: существенное сокращение поголовья крупного рогатого скота спровоцировало дефицит предложения на рынке мясного сырья. Текущие объемы производства говядины стагнируют на уровне 12 кг на душу населения, в то время как фактическое потребление составляет выше на 4 кг [1, 6].

В сложившейся ситуации стратегической задачей становится поиск путей форсированного наращивания объемов мясного производства. Ключевым региональным резервом для решения данной проблемы, повышения качественных характеристик туш и снижения себестоимости конечного продукта является переход к технологиям интенсивного доращивания и откорма молодняка. Целевым ориентиром данной стратегии выступает достижение животными высоких весовых кондиций в сжатые сроки: снятие с откорма при достижении живой массы от 500 кг и выше в возрасте 14–15 месяцев [3, 5].

В этом контексте особое научное и практическое значение приобретает использование генетического потенциала молочных и комбинированных пород. Учитывая широкое распространение и многочисленность популяции голштинского скота в Российской Федерации, интенсификация выращивания бычков именно этой породы представляется наиболее перспективным направлением для быстрого восполнения дефицита мясного сырья [7]. Реализация их продуктивного потенциала требует внедрения инновационных методов стимуляции метаболизма, что делает актуальным изучение влияния совре-

менных биостимуляторов на мясную продуктивность голштинского молодняка.

Современные исследования в области ветеринарной фармакологии и кормления животных активно исследуют возможности применения биопрепаратов и кормовых добавок для улучшения продуктивных показателей. Биостимуляторы, являясь натуральными или синтетическими веществами, способными активировать физиологические процессы в организме, могут оказывать положительное влияние на обмен веществ, усвояемость кормов, иммунный статус и, как следствие, на скорость роста и мясные качества животных [2, 4, 8].

Целью настоящей работы стала реализация биресурсного потенциала мясных качеств голштинских бычков отечественными биостимулирующими средствами нового поколения.

Материалы и методы исследований. Исследование проведено в период с мая 2024 по август 2025 года в условиях ведущего скотоводческого предприятия Чувашской Республики. Для проведения эксперимента были сформированы 4 группы бычков голштинской породы по 10 голов в каждой: контрольная (без биопрепарата и пробиотика), 1-я опытная (FortiGest), 2-я опытная (BIOXYMIN IFEED), 3-я опытная (FortiGest+ BIOXYMIN IFEED). Препарат FortiGest вводили внутримышечно по 3,0 мл трехкратно на 1–3, 13–15 и 28–30 сутки жизни, пробиотик BIOXYMIN IFEED вводился в рацион из расчета по 15 г/гол. Наблюдение вели с рождения до убоя (14 мес.).

Оценка зоотехнических показателей включала ежемесячное взвешивание для определения динамики живой массы и среднесуточного прироста. Линейный рост и особенности телосложения изучались по экстерьерным промерам: мерной палкой Лидтина измеряли высоту в холке, ширину и глубину груди, косую длину туловища, ширину зада в маклоках; мерной лентой – обхваты груди и пясти. Оценку мясного потенциала и убойных характеристик бычков проводили контрольным убоем (по 10 голов из каждой группы) в 420 суток по стандартным протоколам. Фиксировали предубойную живую массу, вес парных и охлажденных туш, относительный и убойный выход. После 24-часового охлаждения туши взвешивали и обваливали, определяя содержание мякоти, жира, костей, сухожилий, а также индекс мясности и выход мякоти на 100 кг живого веса. Дополнительно была проведена анатомическая разделка туш на пять основных отрубов (шейный, плечелопаточный, спинногрудной, поясничный и тазобедренный) с последующим анализом их весовых характеристик и сортового состава.

Весь полученный цифровой материал подвергался статистической обработке методом вариационной статистики для определения достоверности различий между сравниваемыми показателями ($P < 0,05-0,001$) с использованием программного комплекса Microsoft Office Excel (по программе А. Гунина).

Результаты исследований. Анализ контрольного убоя голштинских бычков (табл. 1) выявил значительное превосходство опытных групп над контрольной по всем ключевым параметрам, особенно в 3-й группе, получавшей FortiGest и пробиотик BIOXYMIN IFEED.

Таблица 1 – Показатели контрольного убоя бычков

Показатель	Подопытные группы			
	контрольная группа	1-я опытная группа FortiGest	2-я опытная группа Пробиотик	3-я опытная FortiGest + Пробиотик
Живая масса при снятии с откорма, кг	478,5±3,87	486,3±3,57	484,6±7,73	493,4±4,08*
Предубойная живая масса, кг	465,6±2,51	475,7±3,43*	472,2±7,81	482,5±3,97**
Масса парной туши, кг	231,5±1,53	236,3±2,35	238,2±5,14	246,4±2,83**
Выход туши, %	49,72	49,67	50,42	51,06
Масса внутреннего жира, кг	7,43±0,19	7,71±0,22	8,1±0,31	8,02±0,18*
Убойная масса, кг	238,93±1,44	244,01±2,36	246,3±5,03	254,42±2,92***
Убойный выход, %	51,32	51,29	52,14	52,72

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$.

Масса парной туши достигла 246,4 кг, что на 14,9 кг (6,44%, $P < 0,01$) больше, чем в контроле, с увеличением выхода туши до 51,06 % (+1,34 %). Масса внутреннего жира также значительно возросла в 3-й группе до 8,02 кг (+0,59 кг, 7,94 %, $P < 0,05$), что указывает на улучшение энергетического обмена. Убойная масса в 3-й группе составила 254,42 кг (+15,49 кг, 6,48 %, $P < 0,001$), а убойный выход – 52,72 % (+1,4 %). Этот синергетический эффект FortiGest и пробиотика, улучшающих обмен веществ и микрофлору кишечника, значительно повышает мясные качества бычков, обеспечивая тяжеловесные туши и высокий убойный выход.

В таблице 2 приведены результаты определения морфологического состава туш. Масса охлажденной туши в контрольной группе составляла 227,60±1,38 кг. Применение FortiGest или пробиотика по отдельности увеличило массу туши, но без статистической значимости. Однако в третьей группе зафиксировано существенное и статистически достоверное увеличение массы туши до 242,10±2,63 кг ($P < 0,01$), что на 14,5 кг больше, чем в контроле (прирост 6,4 %).

Таблица 2 – Морфологический состав туш бычков

Показатель	Подопытные группы			
	контрольная группа	1-я опытная группа FortiGest	2-я опытная группа Пробиотик	3-я опытная FortiGest + Пробиотик
Масса охлажденной туши, кг	227,60±1,38	232,60±2,36	235,00±4,62	242,10±2,63**
Масса мякоти, кг	179,00±1,14	185,40±1,51**	187,80±3,15*	194,20±1,67**
Выход мякоти, %	78,67	79,75	79,97	80,25
Масса сухожилий, кг	8,39±0,18	8,54±0,15	8,74±0,20	9,02±0,17*
Выход сухожилий, %	3,69	3,68	3,74	3,73
Масса костей, кг	40,70±0,65	41,20±0,42	41,60±0,45	42,00±0,45

Выход костей, %	17,89	17,73	17,75	17,36
Выход мякоти на 100 кг предубойной живой массы	38,45±0,30	38,99±0,35	39,79±0,40*	40,25±0,24***
Индекс мясности	4,41±0,07	4,51±0,07	4,52±0,07	4,63±0,04*

* P≤0,05, ** P≤0,01, *** P≤0,001.

Масса мякоти в контроле составляла 179,00±1,14 кг. Все опытные группы превзошли контроль, при этом наиболее значительный прирост, достигающий 15,2 кг (+8,5 %, P<0,01), наблюдался в третьей группе (194,20±1,67 кг), что указывает на стимулирующее действие добавок на развитие мышечной ткани.

Выход мякоти в процентах от массы туши постепенно возрастает от 78,67 % в контроле до 80,25 % в третьей группе. Индекс мясности, составлявший 4,41±0,07 в контроле, достоверно вырос в третьей группе до 4,63±0,04 (P<0,05), свидетельствуя о более благоприятном соотношении мышечной и костной тканей. Аналогичная тенденция прослеживается и в показателе выхода мякоти на 100 кг предубойной живой массы. В контроле этот показатель был равен 38,45±0,30 кг. В третьей группе выход мякоти составил 40,25±0,24 кг (+4,7 % относительно контроля, P<0,001), подчеркивая эффективность комбинированного применения добавок.

Таблица 3 – Масса и выход отрубов с туш бычков

Показатель	Подопытные группы			
	контрольная группа	1-я опытная группа FortiGest	2-я опытная группа Пробиотик	3-я опытная FortiGest + Пробиотик
Масса охлажденной туши, кг	227,60±1,38	232,60±2,36	235,00±4,62	242,10±2,63**
в том числе отруба:				
<i>Шейный отруб</i>				
кг	21,65±0,46	20,90±0,41	21,33±0,43	21,02±0,49
%	9,51	8,98	9,09	8,69
<i>Плечелопаточный отруб</i>				
кг	40,44±0,66	39,38±0,51	40,38±0,71	40,28±0,51
%	17,78	16,94	17,23	16,65
<i>Спиногрудной отруб</i>				
кг	68,12±0,70	70,77±0,95*	72,94±0,97**	74,34±0,81**
%	29,93	30,48	31,14	30,74
<i>Поясничный отруб</i>				
кг	23,03±0,62	24,84±0,32*	25,76±0,58**	26,40±0,51**
%	10,12	10,69	10,97	10,91
<i>Тазобедренный отруб</i>				
кг	74,36±1,78	76,71±1,75	74,59±1,96	80,06±1,15*
%	32,66	32,91	31,56	33,01

* P≤0,05, ** P≤0,01, *** P≤0,001.

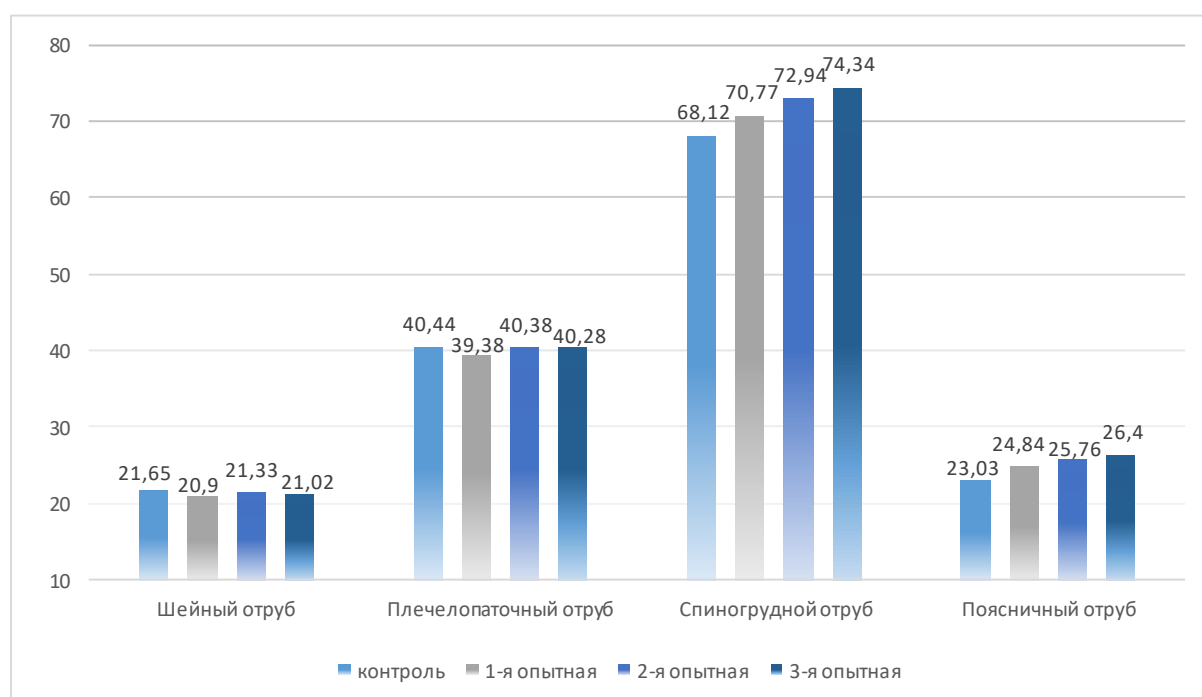


Рис. 1 – Масса и выход отрубов с туш бычков, кг

При этом в шейном и плечелопаточном отрубях наблюдалась тенденция к незначительному снижению массы (например, шейный отруб в 1-й группе снизился на 0,75 кг, -3,46 %), что может указывать на перераспределение питательных веществ в пользу более ценных сегментов туши. Наиболее ценные отрубы показали устойчивый и статистически значимый рост. Спиногрудной отруб увеличился на 6,22 кг (+9,13 %) в 3-й группе, поясничный – на 3,37 кг (+14,63 %). Тазобедренный отруб, один из самых дорогих, продемонстрировал статистически значимый прирост на 5,70 кг (+7,67 %) также в 3-й опытной группе.

Применение биостимуляторов оказало выраженное положительное влияние на мясные качества голштинских бычков (таблица 4). Наиболее значительное улучшение зафиксировано в общей массе мякоти: если в контрольной группе она составляла 179,00 кг, то в 3-й опытной группе (FortiGest + Пробиотик) этот показатель достиг 194,20 кг, что на 15,20 кг (+8,50 %) больше.

Таблица 4 – Сортность мякоти туш бычков

Показатель	Подопытные группы			
	контрольная группа	1-я опытная группа FortiGest	2-я опытная группа Пробиотик	3-я опытная FortiGest + Пробиотик
Масса мякоти, кг	179,00±1,14	185,40±1,51**	187,80±3,15*	194,20±1,67**
Масса мякоти высшего сорта, кг	40,4±0,69	42,7±0,80*	43,9±0,84**	46,8±0,83**
Масса мякоти высшего сорта, %	22,57	23,03	23,44	24,11
Масса мякоти первого сорта, кг	85,9±1,10	89,6±1,52	92,9±2,07**	98,9±1,60**
Масса мякоти первого сорта, %	47,99	48,33	49,46	50,91
Масса мякоти второго сорта, кг	52,7±1,17	53,1±1,42	51,0±1,92	48,5±1,50*
Масса мякоти второго сорта, %	29,44	28,64	27,10	24,98

* P<0,05, ** P<0,01, *** P<0,001.

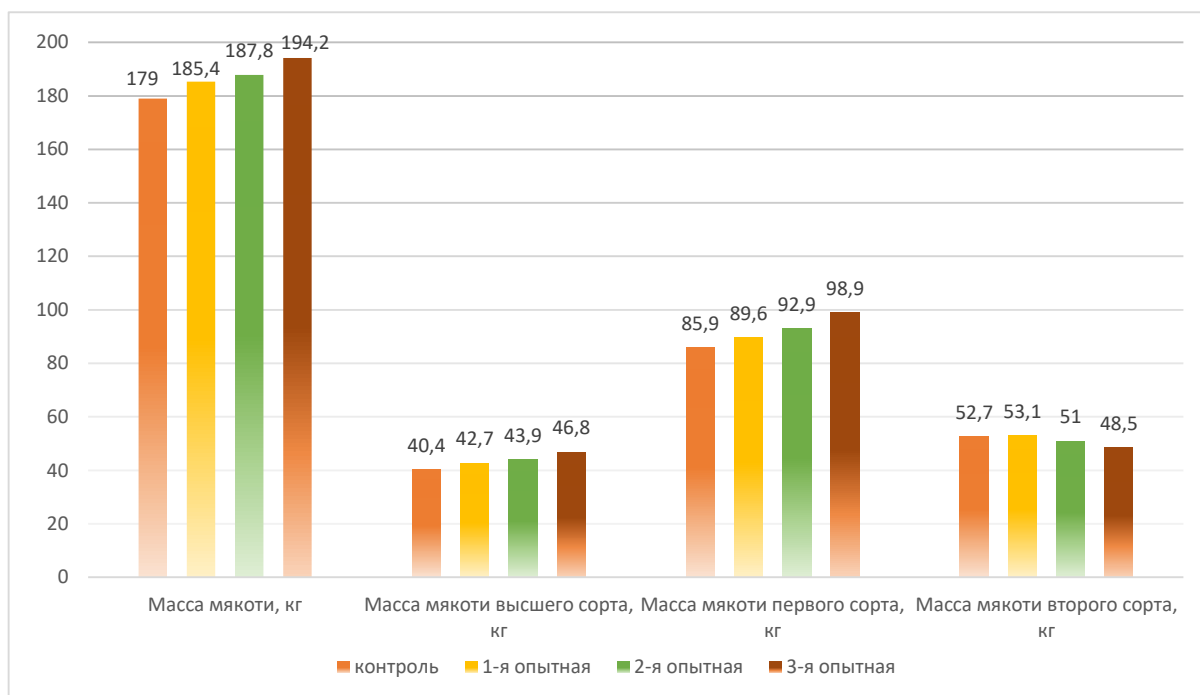


Рис. 2 – Сортность мякоти туш бычков, кг

Показатели мякоти высшего и первого сортов также демонстрируют существенный рост. Масса мякоти высшего сорта увеличилась с 40,4 кг в контроле до 46,8 кг (+15,84 %) в 3-й группе, а ее доля возросла до 24,11 %. Аналогично, масса мякоти первого сорта в 3-й группе достигла 98,9 кг (+15,13 %) по сравнению с 85,9 кг в контроле, составив 50,91 % от общей массы мякоти.

Одновременно наблюдалась желательная тенденция к снижению массы мякоти второго сорта. В 3-й опытной группе она уменьшилась до 48,5 кг (меньше чем в контроле на 7,97%), а ее процентное содержание снизилось до 24,98 %. Это указывает на повышение общего качества мясной продукции. Таким образом, комбинированное применение биопрепарата и пробиотика максимально и статистически значимо увеличивает общую массу мякоти, способствует росту доли высококачественных сортов и уменьшению менее ценных частей, подтверждая потенциал добавок для улучшения как количественных, так и качественных характеристик мясной продукции.

Заключение. Проведенное исследование убедительно демонстрирует, что сочетанное применение биопрепарата FortiGest и пробиотика BIOXYMIN IFEED в технологии выращивания бычков голштинской породы обеспечивает значительное повышение их мясной продуктивности, улучшение убойных качеств и морфологического состава туш. Преимущества комплексного подхода проявились многогранно. Это выразилось в существенном увеличении предубойной живой массы, массы парной туши, а также повышении выхода туши и массы внутреннего жира. Более того, анализ морфологического состава туш показал, что масса охлажденной туши возросла. При этом значительно улучшились качественные характери-

стики: выход мякоти, индекс мясности и выход мякоти высшего сорта. Что особенно важно, именно в 3-й опытной группе были зафиксированы высокие выходы наиболее ценных отрубов по сравнению с контролем. Таким образом, комплексное применение биостимулятора и пробиотика представляет собой высокоэффективное решение для оптимизации мясного животноводства, способствуя не только количественному увеличению продуктивности, но и значительному улучшению качественных характеристик мясной продукции.

Библиография

1. Дунин И.М. Состояние мясного скотоводства в Российской Федерации: реалии и перспективы / И. М. Дунин, С. Е. Тяпугин, Р. К. Мещеров [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 2–7. DOI 10.33943/MMS.2020.40.30.001.
2. Жарикова Е.А. Пробиотики для животных: современный ассортимент, фармакодинамика и особенности применения в ветеринарии / Е. А. Жарикова, Т. В. Бойко // Актуальные вопросы ветеринарии : Мат. Междунар. науч.-практ. конф. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, 2020. С. 463–469.
3. Косилов В.И. Эффективность выращивания бычков молочных и комбинированных пород для производства говядины / В. И. Косилов, Н. К. Комарова, С. И. Мироненко // Вестник мясного скотоводства. 2022. № 1(107). С. 34–42.
4. Кочиш И.И. Пробиотики: роль и значение для животноводства и ветеринарии : Монография / И. И. Кочиш, А. Д. Забережный, П. А. Красочко [и др.]. г.о. Лосино-Петровский : Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности, 2025. 440 с. ISBN 978-5-89904-037-5. DOI 10.47804/978-5-89904-037-5-2025-471.
5. Кудрин М. Выращиваем быков молочных пород на мясо / М. Кудрин, А. Шкляев, К. Шкляев // Животноводство России. 2025. № 9. С. 53–55. DOI 10.25701/ZZR.2025.09.008.
6. Мирошников С.А. Мясное скотоводство России: реалии и перспективы / С. А. Мирошников, А. А. Тихонов // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 3. С. 2–5.
7. Позднякова В.Ф. Современные технологии в мясном скотоводстве : монография / В. Ф. Позднякова, С. Л. Сафронов, Т. Ю. Гусева, О. Е. Иванова. СПб. : [б. и.], 2024. 181 с.
8. Семенов В. Профилактика заболеваемости и обеспечение сохранности животных / В. Семенов, Е. Симурзина, И. Леонтьева // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 12. С. 39–42.

References

1. Dunin I.M. Sostoyanie myasnogo skotovodstva v Rossijskoj Federacii: realii i perspektivy / I. M. Dunin, S. E. Tyapugin, R. K. Meshcherov [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2020. № 2. S. 2–7. DOI 10.33943/MMS.2020.40.30.001.
2. Zharikova E.A. Probiotiki dlya zhivotnyh: sovremennyy assortiment, farmakodinamika i osobennosti primeneniya v veterinarii / E. A. Zharikova, T. V. Bojko // Aktual'nye voprosy veterinarii : Mat. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Omsk : Omskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni P. A. Stolypina, 2020. S. 463–469.
3. Kosilov V.I. Effektivnost' vyrashchivaniya bychkov molochnyh i kombinirovannyh porod dlya proizvodstva govyadiny / V. I. Kosilov, N. K. Komarova, S. I. Mironenko // Vestnik myasnogo skotovodstva. 2022. № 1(107). S. 34–42.
4. Kochish I.I. Probiotiki: rol' i znachenie dlya zhivotnovodstva i veterinarii : Monografiya / I. I. Kochish, A. D. Zaberezhnyj, P. A. Krasochko [i dr.]. g.o. Losino-Petrovskij : Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij i tekhnologicheskij institut biologicheskoy promyshlennosti, 2025. 440 s. ISBN 978-5-89904-037-5. DOI 10.47804/978-5-89904-037-5-2025-471.
5. Kudrin M. Vyrashchivaem bykov molochnyh porod na myaso / M. Kudrin, A. Shklyayev, K. Shklyayev // Zhivotnovodstvo Rossii. 2025. № 9. S. 53–55. DOI 10.25701/ZZR.2025.09.008.
6. Miroshnikov S.A. Myasnoe skotovodstvo Rossii: realii i perspektivy / S. A. Miroshnikov, A. A. Tihonov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. 2017. № 3. S. 2–5.
7. Pozdnyakova V.F. Sovremennye tekhnologii v myasnom skotovodstve : monografiya / V. F. Pozdnyakova, S. L. Safronov, T. Yu. Guseva, O. E. Ivanova. SPb. : [b. i.], 2024. 181 s.
8. Semenov V. Profilaktika zaboлеваemosti i obespechenie sohrannosti zhivotnyh / V. Semenov, E. Simurzina, I. Leont'eva // Veterinariya sel'skokozyajstvennyh zhivotnyh. 2021. № 12. S. 39–42.

Сведения об авторах

Егорова Елена Владимировна, соискатель кафедры морфологии, акушерства и терапии, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия, 428003, тел. 89266035001, e-mail: vladimirovna123@mail.ru;

Симурзина Елена Павловна, соискатель кафедры морфологии, акушерства и терапии, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия, 428003, тел. 89877351093, e-mail: simurzina.el@yandex.ru;

Семенов Владимир Григорьевич, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, ул. К. Маркса, 29, г. Чебоксары, Чувашская Республика, Россия, 428003, тел. 89278519211, e-mail: semenov_v.g@list.ru.

Information about authors

Egorova Elena Vladimirovna, applicant of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, K. Marx St., 29, Cheboksary, Chuvash Republic, Russia, 428003, tel. 89266035001, e-mail: vladimirovna123@mail.ru;

Simurzina Elena Pavlovna, applicant of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, 29 K. Marx St., Cheboksary, Chuvash Republic, Russia, 428003, tel. 89877351093, e-mail: simurzina.el@yandex.ru;

Semenov Vladimir Grigorievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University, 29 K. Marx St., Cheboksary, Chuvash Republic, Russia, 428003, tel. 89278519211, e-mail: semenov_v.g@list.ru.

УДК 636.5.033.087.7:615.355

Н.А. Маслова, Т.В. Троцилова

ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В РАЦИОНАХ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Аннотация. Одним из решающих факторов для достижения высокой продуктивности животных является рациональная организация кормления, в то же время приоритетная задача отечественного птицеводства – уменьшение затрат путем повышения переваримости питательных веществ корма и улучшения их усвояемости. Включение в состав комбикормов ферментных препаратов есть одно из важнейших условий, необходимых в решении этой задачи. В организме животных и птицы они необходимы для повышения переваримости питательных веществ кормов. Нами была изучена целесообразность применения ферментной кормовой добавки «Фекорд-2012-Ф» (I и II опытные группы) дополнительно к основному рациону, не содержащему кормовых антибиотиков, что оказало положительное влияние на показатели продуктивности цыплят-бройлеров. Так, живая масса бройлеров I, II опытных групп в конце откорма превосходила контроль соответственно на 6,2 и 15,0 %, а динамика среднесуточного прироста II опытной группы была самой наибольшей и составила в среднем 64,25 г, что выше контроля на 15 %, и I опытной группы на 8,3 %. Затраты корма в начальный период выращивания цыплят-бройлеров ничем не отличались в контроле и опытных группах, однако в последующем и в конце откорма II опытная группа имела преимущества перед контролем и I опытной группой на 2,2 и 1,1 % соответственно. Максимальная сохранность поголовья (98 %) наблюдалась во II опытной группе, превышая значение контрольной группы на 4 % и I опытную на 1 %.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормление, ферменты, прирост.

THE FEASIBILITY OF USING AN ENZYMATIC FEED ADDITIVE IN THE DIETS OF BROILER CHICKENS

Abstract. Efficient feeding is a crucial factor in achieving high animal productivity. A priority for domestic poultry farming is reducing costs by increasing the digestibility and assimilation of feed nutrients. Incorporating enzyme preparations into compound feed is a key component in achieving this goal. They are essential for improving the digestibility of feed nutrients in animals and poultry. We studied the feasibility of using the enzyme feed supplement «Fekord-2012-F» (test groups I and II) in addition to a basic diet free of feed antibiotics. It demonstrated a positive effect on broiler chicken productivity. Thus, the live weight of broilers in experimental groups I and II at the end of fattening exceeded the control by 6.2 and 15.0 %, respectively, and the dynamics of the average daily gain in experimental group II was the highest and amounted to an average of 64.25 g, which is 15 % higher than the control, and 8.3 % higher than the first experimental group. Feed costs in the initial period of growing broiler chickens did not differ in the control and experimental groups, however, subsequently, and at the end of fattening, experimental group II had advantages over the control and experimental group I by 2.2 and 1.1 %, respectively. The maximum survivability of livestock (98 %) was observed in experimental group II, exceeding the value of the control group by 4 % and the first experimental group by 1 %.

Keywords: broiler chickens, feeding, enzymes, weight gain.

Введение

Промышленное птицеводство одна из немногих узкоспециализированных отраслей агропромышленного комплекса, которая создавалась как комплексная интегрированная система, обеспечивающая все процессы от воспроизводства птицы до производства готовой продукции. Птицеводческая мясная промышленность, без сомнения, является наиболее успешной из всех отраслей мясного животноводства.

Для того, чтобы полностью реализовать генетический потенциал мясного кросса, необходимо обеспечить птицу высококачественными комбикормами отечественного производства. При использовании таких кормов не должна нарушаться функция желудочно-кишечного тракта и как следствие, снижение продуктивности [2, 6, 8].

Дилемма между экономической привлекательностью использования дешевых кормов с высоким уровнем антипитательных факторов и исходящей от них опасностью снижения интенсивности роста и продуктивности животных сегодня решается с помощью экзогенных ферментов, вводимых в корма. Также ферменты позволяют увеличивать ввод местного дешевого сырья растительного происхождения.

Кононенко С.И., Паксютов Н.С. (2011) установили, что «...примерно около одной трети органических веществ, поступающих с кормом, обычно не усваивается организмом животных. Следовательно, одной из важнейших задач отечественного птицеводства является снижение потерь путем повышения переваримости корма и лучшего использования переваренных питательных веществ. Среди наиболее эффективных способов разрешения этой задачи – добавление экзогенных ферментов в корм перед скармливанием его животным» [4].

К составу комбикормов сельскохозяйственных птиц предъявляются большие требования, так как в них используется несколько видов зерновых кормов, которые содержат антипитательные вещества, снижающие их переваримость. Низкая питательность ряда зерновых культур обусловлена тем, что, наряду с клетчаткой, в них присутствуют в значительном количестве другие некрахмалистые полисахариды, к которым относятся бета-глюканы и пентозаны. По данным исследователей, для пшеницы, ржи и тритикале основными антипитательными веществами являются пентозаны, большую часть которых составляют арабиноксиланы. В ячмене отрицательное воздействие на усвоение питательных веществ в основном оказывают бетаглюканы. Некрахмалистые полисахариды обладают еще одним отрицательным свойством: они сильно набухают, образуя вязкие клеобразные растворы, ограничивающие всасывание уже переваренного белка, крахмала, жира и других важных биологических соединений. Одной из важнейших задач отечественного птицеводства является снижение потерь питательной ценности кормов путем повышения переваримости корма и лучшего использования переваренных питательных веществ. Среди наиболее эффективных способов решения этой задачи — добавление экзогенных ферментов в корм перед скармливанием его сельскохозяйственным птицам. Ферменты, в отличие от гормонов и биостимуляторов, действуют не на организм животных, а на компоненты корма в желудочно-кишечном тракте, они не накапливаются в организме и продуктах птицеводства и животноводства. Расщепляя или синтезируя вещества, сами ферменты могут не изменяться. Они не входят в состав конечных продуктов реакции, не расходуются в процессе переваривания питательных веществ и после его окончания

остаются в прежнем количестве. Включение в состав комбикормов ферментных препаратов способствует инактивации этих антипитательных веществ, что увеличивает коэффициент переваримости питательных веществ [5].

Вещество, которое подвергается превращениям в организме, является субстратом для фермента. Соединяясь с ним, оно образует специфический комплекс. Таким образом, ферменты регулируют скорость и специфичность практически всех химических реакций, протекающих в живых организмах. Высокая избирательность ферментов объясняется тем, что каждый фермент временно связывается только со своим субстратом, который при этом несколько изменяется.

Безюк В.Н. (2005), Фомина О. (2007) отмечают, что: «Птицы и свиньи не вырабатывают фитазу. А без этого фермента, по словам специалистов, невозможно полное усвоение содержащихся в зерновых фосфора, кальция, аминокислот, микроэлементов, белков и крахмала. Поэтому необходимо применять препараты с фитазой во всех рационах птиц и свиней. Добавление ферментов позволяет давать скоту и птице больше дешевых кормов: ячменя, пшеницы, овса, гороха, ржи, при этом использование дорогих компонентов – кукурузы и соевого шрота – можно, наоборот, сократить. Содержание ржи в рационе всех сельскохозяйственных животных не может превышать 10–15 %, но ферментные препараты позволяют довести ее долю до 30–40 %» [1, 10].

По утверждению Никулиной В.Н., Коткова Т.В. (2016): «Применение ферментов в кормлении животных – это, прежде всего, значительное удешевление кормов (до 10 %) и улучшение их усвоения. Применение ферментов в кормлении бройлеров увеличивает среднесуточный привес на 4–5 %, яйценоскость кур-несушек – в среднем на 5 % при снижении расхода кормов от 5 до 10 %. Наиболее перспективными могут быть те ферментные препараты, которые не вырабатываются или вырабатываются в малых количествах в организме» [7].

Исследования Капитоновой Е.А. (2009) показали, что: «включение ферментной кормовой добавки в рационы сельскохозяйственных птиц обеспечивает деструкцию антипитательных некрахмалистых полисахаридов кукурузно-пшеничного корма и устранение негативного эффекта в ЖКТ; снижение вязкости химуса и улучшение переваримости питательных веществ; повышение уровня усвояемости сырого протеина, углеводов, липидов, фосфора, кальция, цинка, марганца, железа и других минеральных веществ корма» [3].

Сегодня кормовые энзимы помогают добиться реализации генетического потенциала животных, дополняя ферментные активности их эндогенных ферментов в ЖКТ (протеаза, α -амилаза, липаза) или расщепляя субстраты (например, фитат, ксилан, глюкан и др.), для гидролиза которых ферменты в пищеварительном тракте отсутствуют или присутствуют в ограниченном количестве. В результате применения энзимов животные и птица получают дополнительное количество питательных веществ, поэтому поголовье становится более однородным по живой массе и продуктивности.

Живые организмы обладают множеством тонких и сложных приспособлений, противодействующих таким внешним изменениям и стремящихся поддерживать постоянство внутренней среды: например, постоянство температуры, pH среды, давления, концентрации различных веществ организмов и т.д.

Эффективность ферментных препаратов зависит от многих факторов. Очень важно учитывать такой показатель, как кислотная сопротивляемость. Кислотность отделов ЖКТ обычно находится в следующих пределах: птица — зоб pH 4,5–6,0; железистый желудок pH 1,5–2,0; мускульный желудок pH 2,5–3,5; тонкий кишечник pH 6,5–7,5; свиньи — желудок pH 0,7–2,0; тонкий кишечник pH 3,9–7,5. Ферментативные кормовые добавки эффективно действует в широком диапазоне pH.

Состав, соотношение и количество ферментов в кормовых добавках должны подбираться точно. Они зависят от состава компонентов, входящих в состав комбикорма. Так, например, овес и ячмень содержат повышенное количество целлюлозы, а стенки эндосперма состоят на 75–80 % из β -глюкана и на 20–25 % из арабосиланов. Поэтому в кормовые целесообразно включать ферментные препараты с высоким содержанием целлюлазы и β -глюканазы и относительно меньшим содержанием ксиланазы [7].

Ферменты не накапливаются в организме и после выполнения своей функции в пищеварительном тракте они, являясь белками, разлагаются также, как и протеины, тем самым, давая возможность применять их при необходимости длительное время [11].

Лавриненко К.В., Кощаев И.А., Рядинская А.А. (2022), подводя итоги своего эксперимента на цыплятах-бройлерах, установлено положительное влияние изучаемых препаратов на показатели продуктивности птицы, утверждают, что: «на конец опытного периода сохранность цыплят-бройлеров опытной группы составила 95,4 %, что на 1,5 % выше показателей контроля. Живая масса цыплят-бройлеров контрольной группы на 41 день была меньше массы цыплят-бройлеров опытной группы на 109,4 г или 4,5 %. За опытный период выращиваемость кормов в опытной группе цыплят-бройлеров была выше на 8,5 кг. В то же время затраты корма на 1 кг прироста живой массы у цыплят-бройлеров опытных групп понизились и составили 1,78, что на 0,05 кг меньше [9].

Материалы и методы

Научно-хозяйственный опыт по изучению эффективности ферментной кормовой добавки «Фекорд-2012-Ф» (производитель ООО «БелАгроФермент») на продуктивные показатели цыплят-бройлеров кросса «Кобб 500» был проведен в условиях животноводческого комплекса. Были отобраны 150 суточных цыплят, которые были разделены на три группы (по 50 голов в каждой), методом групп-аналогов. Срок выращивания цыплят-бройлеров 41 сутки. Условия кормления и содержания соответствовали нормативным показателям по выращиванию данного кросса.

Питательность комбикормов для цыплят-бройлеров представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Питательность комбикормов по периодам выращивания в 100 г корма

Показатели	Рецепт				
	К 5-0	К 5-1	К 5-2	К 6-1	К 6-2
Обменная энергия, ккал	301,99	304,98	314,98	324,99	324,99
Массовая доля сырого протеина, %, мин	23,57	22,95	21,32	20,48	20,3
Массовая доля жира, %, мин	6,11	5,75	7,06	8,84	9,32
Массовая доля сырой клетчатка, %, макс	2,81	3,71	3,37	3,69	3,87
Массовая доля золы, %, не более	0,21	0,25	-	-	-
Массовая доля кальция, %	0,77	0,80	0,91	0,82	0,83
Массовая доля фосфора, %	0,69	0,63	0,58	0,50	0,51

Продолжение таблицы 1

Массовая доля натрия, %, мин, макс	0,20	0,21	0,19	0,18	0,21
Массовая доля лизина, % не менее	1,61	1,57	1,36	1,31	1,32
Массовая доля метионина+цистина, %	-	-	0,91	0,91	1,00
Массовая доля влаги, %	11,1	11,5	10,9	10,9	11,1

Кормовой ферментный препарат «Фекорд-2012-Ф» – это сухая ферментная кормовая добавка, предназначенная для улучшения питательности кормов и повышения усвояемости, что повышает эффективность кормления.

Состав: ферменты грибкового происхождения (продуценты *Trichoderma reesei*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Pichia pastoris*).

Он представляет светло-серый порошок, являющийся комплексом ферментов грибкового и бактериального происхождения с широким диапазоном действия рН – от 2,5 до 7,7.

Препарат содержит комплекс различных ферментов, воздействующих на различные питательные вещества корма, и тем самым повышает их усвояемость. Особенно это важно при содержании некрахмалистых полисахаридов, с антипитательными свойствами.

Состав и активные компоненты:

- целлюлаза
- ксиланаза
- β-глюканаза
- фитаза;
- глюкоамилаза;
- амилаза;

Биологические свойства:

Сухая ферментная кормовая добавка «Фекорд-2012-Ф» способствует: деструкции антипитательных некрахмалистых полисахаридов; разрушению клеточных стенок эндосперма зерна и повышению доступности клеточного крахмала и белка для эндогенных ферментов птицы и животных; повышению уровня усвояемости сырого протеина, углеводов, фосфора и липидов корма; снижению вязкости корма, улучшению перевариваемости питательных веществ и их всасыванию в тонком отделе кишечника; снижению удельного расхода корма на единицу произведенной продукции; увеличению показателей продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы.

Целью исследования было установить продуктивное действие и оптимальные дозы ввода ферментной кормовой добавки «Фекорд-2012-Ф» в рационах цыплят-бройлеров.

Схема исследований представлена в таблице 2.

Различия в кормлении заключались в том, что цыплята опытных групп в составе основного рациона получали «Фекорд-2012-Ф» в разных количествах.

Таблица 2 – Схема опыта

Группа	Особенности кормления
Контрольная	ОР
I опытная	ОР+«Фекорд-2012-Ф» (100 г/т комбикорма)
II опытная	ОР+«Фекорд-2012-Ф» (1000 г/т комбикорма)

В опыте изучены следующие показатели: живая масса, среднесуточный и абсолютный прирост живой массы, затраты корма на 1 кг прироста живой массы, сохранность и морфологический состав крови.

Результаты исследований и их обсуждение.

Основные зоотехнические показатели, полученные при выращивании цыплят-бройлеров, приведены в табл. 3, рис. 1.

Таблица 3 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров за период опыта, г

Группа	Возраст, сут.						
	0	7	14	21	28	35	42
Контрольная	42,8± 0,4	160,9± 1,1	427,6± 6,3	812,2± 11,6	1430,6± 23,8	1986,3± 13,9	2388,7± 28,0
I опытная	42,9± 0,2	161,5± 1,0	432,4± 4,5	834,7± 15,5	1467,1± 21,6	2116,2± 23,3	2534,7± 32,3
II опытная	42,0± 0,6	163,5± 0,7	438,2± 2,9	880,5± 10,7	1558,9± 16,4	2291,6± 25,4	2740,4± 29,7

По результатам взвешивания, цыплята-бройлеры контрольной группы имели абсолютный прирост живой массы за период опыта 2345,9 кг; I опытной группы – 2491,8 кг; II опытной группы – 2698,4 кг, что превышало показатель контрольной группы на 6,2 и 15,0 %, разница достоверна.

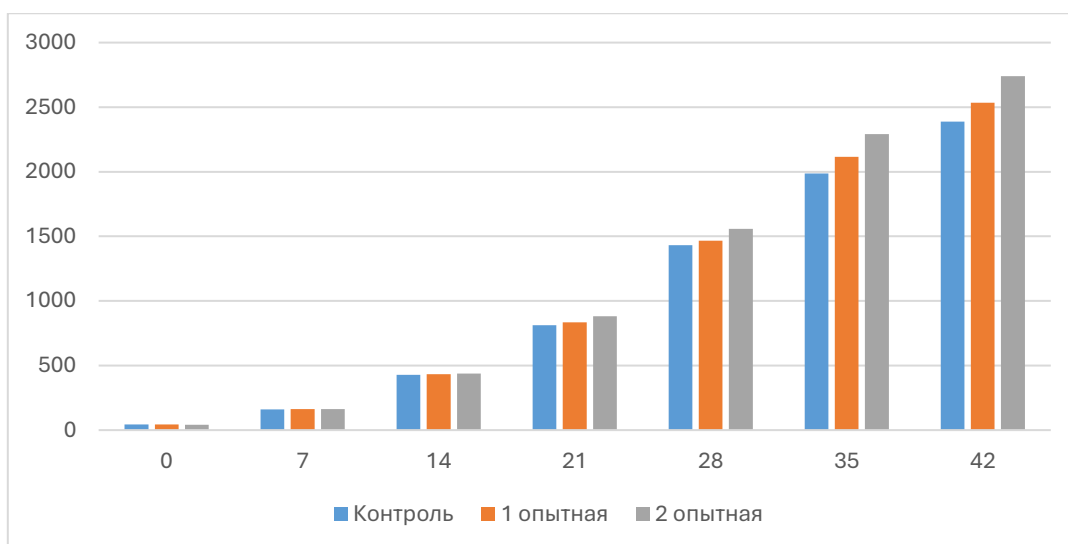


Рис. 1 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров за период выращивания

Динамика среднесуточного прироста цыплят-бройлеров представлена в таблице 4, рис. 2.

Таблица 4 – Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров

Период, сут	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-7	16,9	16,9	17,4
7-14	38,1	38,7	39,2
14-21	54,9	57,5	63,2
21-28	88,3	90,3	96,9
28-35	79,4	92,7	104,7
35-42	57,5	59,8	64,1
В среднем за период выращивания	55,85	59,32	64,25

Анализ таблицы 4 показывает, что динамика среднесуточного прироста II опытной группы была самой наибольшей и составила в среднем 64,25 г, что выше контроля на 15 %, и I опытной группы на 8,3 %.

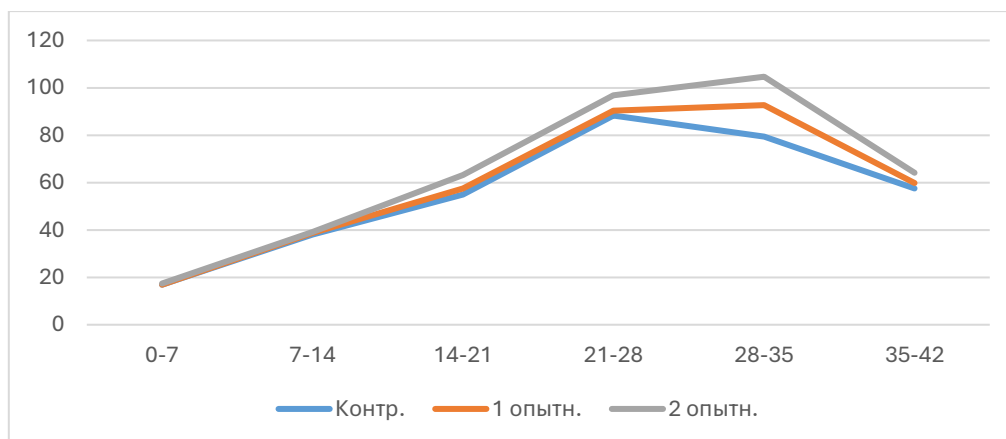


Рис. 2 – Динамика среднесуточного прироста цыплят-бройлеров, г

Затраты корма на 1 кг прироста и сохранность цыплят-бройлеров по периодам выращивания представлена в таблице 5-6.

Таблица 5 – Затраты корма на 1 кг прироста, к.ед.

Период, сут.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-7	0,85	0,85	0,87
7-14	1,29	1,27	1,28
14-21	1,42	1,43	1,4
21-28	1,56	1,53	1,51
28-35	1,75	1,72	1,70
35-42	1,82	1,80	1,78

Анализируя таблицу 5, видно, что затраты корма в начальный период выращивания цыплят-бройлеров ничем не отличались в контроле и опытных группах, однако в последующем и в конце откорма II опытная группа имела преимущества перед контролем и I опытной группой на 2,2 и 1,1 % соответственно.

Таблица 6 – Сохранность цыплят-бройлеров за весь период выращивания, %

Период, сут.	Группа		
	Контрольная	I опытная	II опытная
0-42	94	97	98

Данные таблицы 6 показывают, что самая высокая сохранность цыплят на протяжении всего эксперимента была во II опытной группе, на 5 % по сравнению с контрольной группой и 1 % по сравнению с I опытной.

Установление изменения биохимических показателей крови цыплят-бройлеров опытных групп при введении ферментной кормовой добавки «Фекорд-2012-Ф» представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Гематологические показатели крови цыплят-бройлеров в 41 дн. возрасте

Показатели	Ед. изм.	Группы		
		Контрольная	I опытная	II опытная
Эритроциты	10 ¹² /л	2,58±0,04	2,72±0,09	3,06±0,08
Лейкоциты	10 ⁹ /л	23,8±0,79	22,4±0,81	22,5±1,3
Гемоглобин	г/л	131,7±2,40	135,0±2,16	138±2,19
Общий белок	г/л	30,14±0,95	33,24±1,67	37,18±1,34
Глюкоза	ммоль/л	13,22±0,21	13,98±0,23	14,4±0,22

Основные морфологические показатели крови в разные периоды опыта находились в пределах физиологической нормы, достоверная разница между группами не выявлена, количество эритроцитов опытных групп больше, чем в контроле на 4–8 %, это говорит о хорошем метаболизме цыплят-бройлеров. Следует отметить влияние ферментной кормовой добавки на значение гемоглобина, он показывает функциональные возможности красных клеток крови. Чем выше его концентрация в эритроцитарном цитозоле, тем больше кислорода может транспортировать отдельный эритроцит и вся эритроцитарная масса. Количество лейкоцитов помогает выявить низкорезистентных цыплят. Увеличение количества общего белка крови говорит о улучшенном белковом обмене опытных групп. Уровень глюкозы является важным показателем крови, ее концентрация зависит от времени приема корма и уровня стресса. Во всех группах ее уровень был примерно на одном уровне.

Заключение

Таким образом, интенсификация бройлерного птицеводства зависит не только от кросса птицы, но и от введения новых кормовых добавок, позволяющих улучшать физиологическое состояние птицы и повышать эффективность использования комбикорма. На основании проведенных исследований на мясном кроссе «Кобб 500» рекомендуем при выращивании цыплят-бройлеров применять ферментную кормовую добавку «Фекорд-2012-Ф» в количестве 1000 г/т комбикорма.

Библиография

1. Бевзюк В.Н. Нетрадиционные корма и ферментные препараты в кормлении мясной птицы: автор. ... канд. с.-х. наук по специальности 06.02.02. / В. Н. Бевзюк. п. Персиановский (Россия), 2005. 22 с.
2. Инновационные решения в кормлении птицы мясного направления продуктивности / О. Е. Татьяничева, А. П. Хохлова, О. А. Попова, Н. А. Маслова. Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2023. 151 с. ISBN 978-5-6047968-2-5.
3. Капитонова Е.А. Основные зоотехнические показатели при кормлении цыплят-бройлеров биологически активными препаратами / Е. А. Капитонова, Н. В. Козлова // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования кафедры зоогигиены, экологии и микробиологии УО БГСХА (г. Горки, 2009). Жодино, 2009. С. 53–58.
4. Кононенко С.И. Ферменты в кормлении молодняка свиней / С. И. Кононенко, Н. С. Паксютов // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2011. № 7. С. 18–21.
5. Крюкова Т. Ферменты: польза или... только польза от применения! / Т. Крюкова // Аграрная наука. 2021. №1. С. 43–46.
6. Маслова Н.А. Эффективность применения кормовых добавок в птицеводстве / Н. А. Маслова, А. П. Хохлова, Н. В. Волощенко // Вызовы и инновационные решения в аграрной науке : Материалы XXVI Международной научно-производственной конференции, Майский, 25 мая 2022 года. Том 2. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2022. С. 125–126.
7. Никулин В.Н. Биологически активные вещества и добавки в птицеводстве: учебное пособие / В. Н. Никулин, Т. В. Коткова. Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2016. 202 с.
8. Новые подходы в кормлении мясной птицы / О. Е. Татьяничева, А. П. Хохлова, О. А. Попова, Н. А. Маслова. Белгород : Общество с ограниченной ответственностью Издательско-полиграфический центр «ПОЛИТЕРРА», 2022. 154 с. ISBN 978-5-98242-346-7.
9. Применение ксиланазы в рационах цыплят-бройлеров / К. В. Лавриненко, И. А. Коцаев, А. А. Рядинская [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4(68). С. 310–318. DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-37.
10. Фомина О. Ферменты не для всех / О. Фомина // АгроТехника. 2007. № 2. С. 5.

11. Jongbloed A.W. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs / A. W. Jongbloed, Z. Mroz, R. van der Weij Jongbloed, P. A. Kemme // *Livestock Production Science*. 67 (February). 2000. P. 113–122.

References

1. Bevzyuk V.N. Non-traditional feeds and enzyme preparations in feeding meat poultry: author. ... Cand. of Agricultural Sciences in specialty 06.02.02. / V. N. Bevzyuk. Persianovsky settlement (Russia), 2005. 22 p.
2. Innovative solutions in feeding meat-producing poultry / O. E. Tatyancheva, A. P. Khokhlova, O. A. Popova, N. A. Maslova. Belgorod : Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2023. 151 p. ISBN 978-5-6047968-2-5.
3. Kapitonova E.A. Main zootechnical parameters when feeding broiler chickens with biologically active preparations / E. A. Kapitonova, N. V. Kozlova // Actual problems of intensive development of animal husbandry: Proceedings of the XII International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the foundation of the Department of Zoohygiene, Ecology and Microbiology of the UO Bashkir State Agricultural Academy (Gorki, 2009). Zhodino, 2009. P. 53–58.
4. Kononenko S.I. Enzymes in feeding young pigs / S. I. Kononenko, N. S. Paksyutov // *Feeding of farm animals and forage production*. 2011. № 7. P. 18–21.
5. Kryukova T. Enzymes: benefits or... only benefits from use! / T. Kryukova // *Agrarian science*. 2021. № 1. P. 43–46.
6. Maslova N.A. Efficiency of using feed additives in poultry farming / N. A. Maslova, A. P. Khokhlova, N. V. Voloschenko // Challenges and innovative solutions in agricultural science: Proceedings of the XXVI International Scientific and Production Conference, Maisky, May 25, 2022. Volume 2. Maisky : Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2022. P. 125–126.
7. Nikulin V.N. Biologically active substances and additives in poultry farming: a tutorial / V. N. Nikulin, T. V. Kotkova. Orenburg : OGAU Publishing Center, 2016. 202 p.
8. New approaches to feeding meat poultry / O. E. Tatyancheva, A. P. Khokhlova, O. A. Popova, N. A. Maslova. Belgorod : Publishing and Printing Center «POLITERRA», Limited Liability Company, 2022. 154 p. ISBN 978-5-98242-346-7.
9. Use of xylanase in broiler chicken diets / K. V. Lavrinenko, I. A. Koshchayev, A. A. Ryadinskaya [et al.] // *News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 4(68). P. 310–318. DOI 10.32786/2071-9485-2022-04-37.
10. Fomina O. Enzymes are not for everyone / O. Fomina // *AgroTechnika*. 2007. № 2. P. 5.
11. Jongbloed A.W. The effects of microbial phytase, organic acids and their interaction in diets for growing pigs / A. W. Jongbloed, Z. Mroz, R. van der Weij Jongbloed, P. A. Kemme // *Livestock Production Science*. 67 (February). 2000. P. 113–122.

Сведения об авторах

Маслова Наталья Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент технологического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7(4722) 39-28-09, e-mail: natasha-maslova@mail.ru;

Трошилова Татьяна Валерьевна, студентка 1 курса, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503.

Information about authors

Maslova Natalya Anatolyevna, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 1 Vavilov Street, Maysky Settlement, Belgorodsky District, Belgorod Region, Russia 308503, tel. +7 (4722) 39-28-09, e-mail: natasha-maslova@mail.ru;

Troshchilova Tatyana Valerievna, first-year student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 1 Vavilov Street, Maysky Settlement, Belgorodsky District, Belgorod Region, Russia 308503.

УДК 636.082.4

А.П. Хохлова, А.В. Быценко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СКРЕЩИВАНИЯ ГИБРИДНЫХ СВИНОМАТОК С ЧИСТОПОРОДНЫМИ И ТЕРМИНАЛЬНЫМИ ХРЯКАМИ

Аннотация. Эффективность скрещивания гибридных свиноматок с чистопородными и терминальными хряками зависит от сочетания пород и качественного подбора животных. Повышение продуктивности гибридов достигается благодаря эффекту гетерозиса – повышению жизнеспособности потомства, полученного от скрещивания животных разных генотипов. Для проведения опыта были сформированы 3 группы гибридных свиноматок (½ КБ x ½ Л) по 15 голов. Отбор животных мы производили по методу аналогов, при этом основное внимание уделяли живой массе, упитанности, возрасту. Этим свиноматок скрещивали с хряками породы дюрок и терминальными хряками PIC 800, PIC 734. По большинству показателей лучшую воспроизводительную способность гибридные свинки имели при скрещивании с терминальным хряком PIC 800. Наибольший экономический эффект получен у свиноматок (½ КБ x ½ Л) при скрещивании их с терминальным хряком PIC 800.

Ключевые слова: свиноматки, чистопородное скрещивание, терминальные хряки, индекс репродуктивности, многоплодие, крупноплодность, масса гнезда, экономический эффект.

EFFICIENCY OF CROSSING HYBRID SOWS WITH PUREBRED AND TERMINAL BOARS

Abstract. The effectiveness of crossing hybrid sows with purebred and terminal boars depends on the combination of breeds and high-quality selection of animals. An increase in the productivity of hybrids is achieved due to the effect of heterosis – an increase in the viability of offspring obtained from crossing animals of different genotypes. To conduct the experiment, 3 groups of hybrid sows (½ KB x ½ L) of 15 heads were formed. We selected animals using the method of analogues, while focusing on body weight, fatness, and age. These sows were crossed with Duroc boars and terminal boars PIC 800, PIC 734. According to most indicators, hybrid pigs had the best reproductive ability when crossed with the terminal boar PIC 800. The greatest economic effect was obtained in sows (½ KB x ½ L) when they were crossed with the terminal boar PIC 800.

Keywords: biologically active additive, bee products, broiler chickens, feeding, preservation, growth energy, feed conversion, live weight, growth, development.

Введение

В современных условиях животноводства большое значение имеет внедрение интенсивных технологий. Особенную роль в решении мясной проблемы отводят свиноводству, поскольку в этой области животноводства можно получить высококачественные мясные продукты в короткие сроки.

О.А. Попова подчёркивает: «Переход свиноводства на промышленную базу и внедрение передовых научно-технических достижений позволили значительно повысить производственные объемы и производительность труда. Тем не менее в условиях индустриализации запасы свиноводства все еще используются недостаточно» [1].

В своё время Белгородская область была пионером в деле специализации отраслей животноводства. Уже в 50–60-х годах к руководителям и специалистам области и хозяйств пришло понимание того, что интенсификация свиноводства невозможна за счёт использования исключительно чистопородного скрещивания. На базе мирового опыта и многочисленных исследований Белгородских учёных была принята концепция развития производства мяса свиней за счёт использования трехпородного скрещивания животных этого вида.

Основная задача племенного свиноводства на современном этапе развития экономики страны – это обеспечение процесса стабильного развития отрасли с целью сохранения и улучшения продуктивности, повышения экономической эффективности, конкурентоспособности свиноводческой продукции, поддержания генетического разнообразия пород.

А.П. Хохлова указывает: «Селекционные программы сегодня опираются на потребности рынка и потребительский спрос. С каждым годом свиноводческая отрасль России активно развивается. Благодаря работе Национального проекта «Развитие АПК» идет бурное строительство новых агрохолдингов и свиноводческих комплексов, что влечет за собой повышенный спрос на племенное поголовье для формирования родительских стад свиней» [4].

Выведено огромное количество новых высокопродуктивных кроссов свиней, хорошо сочетающихся между собой, и российские свиноводы имеют возможность приобретать необходимый племенной материал практически без ограничений. Для повышения общей экономической эффективности производства свинины все более важное значение приобретает разработка способов повышения и реализации генетического и физиологического потенциала свиней. При этом одним из важнейших элементов этих процессов является эффект гетерозиса, или гибридный эффект, который может проявляться как при спаривании животных разных пород, так и разных линий внутри одной породы [2, 7].

Заболотная А.А. отмечает: «На сегодняшний день, выделяются значительно более высокие продуктивные качества помесных животных по сравнению с родителями исходного генетического материала, что оказывает положительное влияние на организм будущих поколений свиней. Это в значительной степени позволит повысить мясную продуктивность свиней при промышленном скрещивании и выведении новых пород методом поглотительного скрещивания» [2].

По мнению Г.С. Походни: «Ведущая роль скрещивания свиней будет иметь все более высокое значение, так как за счёт использования чистопородного разведения производство свинины ниже на 10–15 %». По его заключению, это существенно осложнит задачу возможно быстрого снабжения населения более дешёвым мясом, а также существенно снизит возможности экспорта свинины [7].

Сегодня наряду с датскими поставщиками племенного материала наблюдается рост популярности племенных свиней канадской селекции. Однозначно говорить о превосходстве какой-либо из представленных генетик нельзя, так как различия между показателями продуктивности являются незначительными. Поэтому, на наш взгляд, изучение продуктивных характеристик свиней специализированных мясных пород канадской и датской селекции являются актуальными на современном этапе формирования собственной племенной базы и промышленного производства свинины.

Для получения эффекта гетерозиса требуется постоянно изучать и контролировать результаты межпородного и межкроссового спаривания свиней в разных схемах с тем, чтобы в широкомасштабном производстве использовать наиболее экономически эффективные из них.

Многочисленные данные научных исследований свидетельствуют о том, что эффективность промышленного скрещивания в каждом конкретном случае зависит от многих факторов, в том числе от сочетаемости и качества исходных пород, а также используемого производителя, что устанавливается экспериментально [3, 4].

Анализ деятельности свиноводческой отрасли за последние несколько лет показывает, что увеличение производства свинины в стране связано с технологическими инновациями, которые привели к глубоким структурным изменениям, с появлением новых или укрупнением и реконструкцией имеющихся специализированных предприятий на промышленной основе.

Благодаря простоте организации и доступности для широкого применения двухпородное промышленное скрещивание с использованием лучших сочетаний пород получило широкое распространение в производственных условиях с использованием терминальных хряков.

Ряд авторов считают: «Данные отечественной и зарубежной науки и практики показывают, что гибридизация по сравнению с чистопородным разведением и промышленным скрещиванием повышает воспроизводительную способность свиней, улучшает откормочные и мясные качества молодняка» [4, 5].

Тюжина Е.Д. отмечает: «Гибридизация по сравнению с промышленным скрещиванием дает возможность получить более высокий производственный эффект и способствует стабильности результатов ее применения. Эффекта достигают не только за счет скрещивания, но и за счет предварительной селекции животных исходных родительских форм» [5, 6].

Материалы и методы

ООО «Мираторг-Курск» использует наиболее эффективную систему производства свинины, эта технология предусматривает разделение всех производственных помещений на специализированные технологические участки. Очень важная проблема отечественного промышленного свиноводства – правильно подобранный метод разведения. Ведущие специалисты в области свиноводства огромное внимание уделяют поиску сочетаний хряков и свиноматок для того, чтобы улучшить продуктивные качества свиней.

Крупно белая порода является материнской формой, она обладает хорошими воспроизводительными способностями. Но для получения трёхпородного скрещивания на начальном этапе скрещивают крупно белую породу с хряками ландрас, из полученного потомства отбирают свинок и на заключительном этапе скрещивают с хряком породы дюрок.

Известная во всём мире компания PIC разрабатывает и применяет новые технологии, которые будут способствовать получению качественного племенного поголовья. Селекционная программа PIC включает 7 отцовских линий, две из них PIC-800, PIC-734. В наших проведённых исследованиях мы представили материал, где отражена эффективность скрещивания гибридных свиноматок с чистопородными и терминальными хряками. Проведение исследований осуществлялось по схеме опыта, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема проведения опыта

Группа	Кол-во голов	Генотип		Учитываемые показатели
		свиноматка	хряк	
1-я контрольная	15	½ КБ x ½ Л	Дюрок	многоплодие (гол.), масса гнезда при рождении (кг), крупноплодность (кг), молочность (кг); количество поросят при отъёме (гол.), живая масса поросят при отъёме (кг), масса гнезда (кг) и сохранности (%).
2-я опытная	15	½ КБ x ½ Л	PIC 800	
3-я опытная	15	½ КБ x ½ Л	PIC 734	

Для проведения опыта были сформированы 3 группы гибридных свиноматок (½ КБ x ½ Л) по 15 голов. Отбор животных мы производили по методу аналогов, при этом основное внимание уделяли живой массе, упитанности, возрасту. Этим свиноматкам скрещивали с хряками породы дюрок и терминальными хряками PIC 800, PIC 734.

Таблица 2 – Воспроизводительная способность свиноматок F1 при скрещивании с чистопородными и терминальными хряками

Показатели	Группы		
	1-контрольная (½ КБ x ½ Л) x Д	2-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 734	3-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 800
Многоплодие, гол	12,12 ± 0,56	11,93 ± 0,54	12,53 ± 0,58
Масса гнезда при рождении, кг	14,16 ± 0,96	14,31 ± 0,90	15,53 ± 0,82
Крупноплодность, кг	1,18 ± 0,07	1,20 ± 0,09	1,24 ± 0,05
Молочность, кг	56,38 ± 1,19	58,12 ± 1,23	59,00 ± 1,23
Количество поросят к отъёму, гол	10,36 ± 0,28	10,37 ± 0,31	10,97 ± 0,29
Масса гнезда к отъёму, кг	87,79 ± 1,36	89,28 ± 1,30	98,18 ± 1,32
Масса 1 головы к отъёму, кг	8,37 ± 0,28	8,61 ± 0,33	8,95 ± 0,30
Сохранность к отъёму, %	86,5 ± 2,12	86,95 ± 2,14	87,6 ± 2,09

Таблица 2 отражает результаты проведённых исследований, где представлены показатели воспроизводительной способности свиноматок F1, в первой контрольной группе отражает показатели скрещивания (½ КБ x ½ Л) x Д; во второй опытной (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 734; в третьей опытной (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 800.

По большинству показателей лучшую воспроизводительную способность гибридные свинки имели при скрещивании с терминальным хряком PIC 800. По многоплодию они превосходили первую группу на 3,3 %, а вторую опытную на

5,5. Хотя многоплодие во второй группе, там, где работал терминальный хряк PIC 734, было на 1,6 % ниже, чем в 1 контрольной.

Крупноплодность также была выше всех в 3 группе, она составляла 1,24 кг, это 3,1 % выше, чем во второй группе и 4,9 % выше, чем в 1 группе. Сохранность поголовья к отъёму поросят была достаточно высокая во всех группах, но всё же превосходство было за 3 опытной группой, там, где работал терминальный хряк PIC 800. А во второй и первой группе сохранность поголовья примерно была одинаковой.

Чтобы определить наиболее эффективный вариант скрещивания, нами был проведён расчёт индекса репродуктивных качеств свиноматок (ИРК). Эти данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка свиноматок с учётом индекса репродуктивных качеств

Показатель	Группы		
	1-контрольная (½ КБ x ½ Л) x Д	2-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 734	3-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 800
Индекс репродуктивных качеств (ИРК) свиноматок, балл	138,4	147,24	150,15

Анализируя рассчитанную нами комплексную оценку свиноматок, мы видим, что в 3 группе это был самый высокий балл, 150,15. А наименьший показатель был в первой группе – это 138,4. ИРК – надёжный инструмент для селекции, так как его значения достоверно отражают реальную воспроизводительную продуктивность свиноматок. Использование индекса позволяет: объективно ранжировать животных по племенной ценности; повышать эффективность отбора; прогнозировать экономическую отдачу от стада.

Связь между индексом репродуктивных качеств и признаками воспроизводительных способностей свиноматок представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Связь между индексом репродуктивных качеств и признаками воспроизводительных способностей свиноматок

Показатели	Группы		
	1- контрольная (½ КБ x ½ Л) x Д	2-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 734	3-опытная (½ КБ x ½ Л) x Т PIC 800
Многоплодие, гол	0,59	0,45	0,61
Масса гнезда при рождении, кг	0,56	0,55	0,58
Крупноплодность, кг	0,54	0,50	0,57
Молочность, кг	0,64	0,60	0,56
Количество поросят к отъёму, гол	0,51	0,48	0,54
Масса гнезда к отъёму, кг	0,73	0,71	0,74
Масса 1 головы к отъёму, кг	0,34	0,38	0,32
Сохранность к отъёму, %	0,17	0,35	0,28

Корреляция между индексом репродуктивных качеств (ИРК) и воспроизводительной способностью свиноматок рассчитывается с помощью коэффициента корреляции – статистического показателя, который измеряет степень линейной взаимосвязи между двумя переменными. В контексте свиноводства этот метод позволяет оценить, насколько тесно ИРК связан с конкретными показателями воспроизводительной способности (например, многоплодием, молочностью, массой гнезда при отъёме и др.).

Из представленной информации мы усматриваем следующее: взаимосвязь между ИРК и такими репродуктивными признаками, как масса гнезда к отъёму и молочность имеют высокую корреляцию – это 0,71–0,73. Сохранность к отъёму имеет очень слабую корреляцию, 0,017–0,35. А остальные признаки воспроизводительной способности среднюю корреляцию 0,45–0,64. В таблице 5 представлена экономическая эффективность скрещивания свиноматок с чистопородными и терминальными хряками.

Таблица 5 – Экономическая эффективность скрещивания свиноматок с чистопородными и терминальными хряками

Группа	Породное сочетание	Масса гнезда, кг		Прирост гнезда, кг	Экономический эффект, %	
		При рождении, кг	К отъёму, кг		По массе гнезда к отъёму	По приросту гнезда
1-контрольная	(½ КБ x ½ Л) x Д	14,16	87,79	73,63	-	-
2-опытная	(½ КБ x ½ Л) x Т PIC 734	14,31	89,28	74,97	2,9	2,0
3-опытная	(½ КБ x ½ Л) x Т PIC 800	15,53	98,18	82,65	11,8	12,5

Заключение

Лучшую воспроизводительную способность проявили гибридные свинки при скрещивании с терминальным хряком PIC 800. По многоплодию они превосходили первую группу на 3,3 %, а вторую опытную на 5,5. Хотя многоплодие во второй группе, там, где работал терминальный хряк PIC 734, было на 1,6 % ниже, чем в 1 контрольной.

Наибольший экономический эффект получен у свиноматок (½ КБ х ½ Л) при скрещивании их с терминальным хряком PIC 800 и по массе гнезда к отъёму составил 11,8 %, а по приросту гнезда составил 12,5 %.

Библиография

1. Влияние сезонов года на продуктивность свиней / О. А. Попова, О. Е. Татьяничева, А. П. Хохлова, Н. А. Маслова. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2019. 202 с. ISBN 978-5-6043281-0-1.
2. Заболотная А.А. Эффективность скрещивания гибридных свиноматок F1 с хряками пород дюрок, терминальный и пьетрен // Свиноводство. 2015. № 7. С. 15–16.
3. Использование помесных маток при сочетании с хряками мясных пород / Е. Джунельбаев, В. Дунина, Е. Васильева, И. Фролова // Свиноводство. 2008. № 1. С. 7–8.
4. Маслова Н.А. Интенсификация воспроизводительной функции у свиноматок / Н. А. Маслова, А. П. Хохлова. Белгород : Белгородская областная типография, 2014. 201 с. ISBN 978-5-86295-291-9.
5. Основы зоотехнии: Учебное пособие для обучающихся по укрупненной группе специальностей 36.00.00 «Ветеринария и зоотехния» / О. А. Попова, А. П. Хохлова, Н. А. Маслова, О. Е. Татьяничева. Майский : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. 258 с. EDN RXRKWJ.
6. Тюжина Е.Д. Сравнительный анализ воспроизводительных качеств свиноматок // Актуальные проблемы производства свинины в Российской Федерации: мат-лы XXIII заседания межвузовского координационного совета по свиноводству и международной научно-практической конференции. пос. Персиановский : Донской ГАУ, 2013. С. 95.
7. Чистопородное разведение и скрещивание свиней крупной белой и гемпширской пород / Г. С. Походня, П. П. Корниенко, Н. А. Маслова [и др.]. Белгород : Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2017. 27 с.

References

1. The influence of the seasons on pig productivity / O. A. Popova, O. E. Tatyanchieva, A. P. Khokhlova, N. A. Maslova. Maisky : Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2019. 202 p. ISBN 978-5-6043281-0-1.
2. Zabolotnaya A.A. The effectiveness of crossing F1 hybrid sows with Duroc, terminal and Pietren boars // Pig breeding. 2015. № 7. Pp. 15–16.
3. The use of crossbred queens in combination with boars of meat breeds / E. Dzhunelbaev, V. Dunina, E. Vasilyeva, I. Frolova // Pig breeding. 2008. № 1. Pp. 7–8.
4. Maslova N.A. Intensification of reproductive function in sows / N. A. Maslova, A. P. Khokhlova. Belgorod : Belgorod Regional Printing House, 2014. 201 p. ISBN 978-5-86295-291-9.
5. Fundamentals of animal science: A textbook for students in the enlarged group of specialties 36.00.00 «Veterinary medicine and animal science» / O. A. Popova, A. P. Khokhlova, N. A. Maslova, O. E. Tatyanchieva. Maisky : Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2021. 258 p. EDN RXRKWJ.
6. Tyuzhina E.D. Comparative analysis of reproductive qualities of sows // Actual problems of pork production in the Russian Federation: proceedings of the XXIII meeting of the interuniversity coordinating Council on pig breeding and the international scientific and practical conference. pos. Persianovsky : Donskoy State Agrarian University, 2013. P. 95.
7. Purebred breeding and crossing of pigs of large white and Hampshire breeds / G. S. Pokhodnya, P. P. Kornienko, N. A. Maslova [et al.]. Belgorod : Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, 2017. 27 p.

Сведения об авторах

Хохлова Алла Петровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент технологического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел. +7(4722) 39-28-09, e-mail: alla.hohlova@yandex.ru;

Быщенко Анастасия Владимировна, магистрант технологического факультета, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, 308503, Россия, тел. +7 951 143-31-60, e-mail: serega.2014.serega111@gmail.com.

Information about authors

Khokhlova Alla Petrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Faculty of Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», st. Vavilova 1, item Maisky, Belgorodsky district, Belgorod region, Russia, 308503, tel. +7 (4722) 39-28-09, e-mail: alla.hohlova@yandex.ru;

Bitsenko Anastasia Vladimirovna, Master's student of the Faculty of Technology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin», 1 Vavilova St., Maysky settlement, Belgorod region, 308503, Russia, tel. +7 951 143-31-60, e-mail: serega.2014.serega111@gmail.com.

Руководство для авторов

В журнале публикуются обзорные, проблемные, экспериментальные статьи, освещающие биологические аспекты развития агропромышленного комплекса в стране и за рубежом, передовые достижения в области зоотехнической науки, ветеринарии, ихтиологии, результаты исследований по молекулярной биологии, вирусологии, микробиологии, биохимии, физиологии, иммунологии, биотехнологии, генетики растений и животных и т.п.

Содержание статей рецензируется (в соответствии с профилем журнала) на предмет актуальности темы, четкости и логичности изложения, научно-практической значимости рассматриваемой проблемы и новизны предлагаемых авторских решений.

Общий объем публикации определяется количеством печатных знаков с пробелами. Рекомендуемый диапазон значений составляет от 12 тыс. до 40 тыс. печатных знаков с пробелами (0,3-1,0 печатного листа). Материалы, объем которых превышает 40 тыс. знаков, могут быть также приняты к публикации после предварительного согласования с редакцией. При невозможности размещения таких материалов в рамках одной статьи, они могут публиковаться (с согласия автора) по частям, в каждом последующем (очередном) номере журнала.

Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, кеглем (размером) – 12 пт, для оформления названий таблиц, рисунков, диаграмм, структурных схем и других иллюстраций: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт; для примечаний и сносок: Times New Roman, обычный, кегль 10 пт. Для оформления библиографии, сведений об авторах, аннотаций и ключевых слов используется кегль 10 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля сверху и снизу, справа и слева – 2 см, абзац – 1,25 см, формат – книжный. Разделять текст на колонки не следует. Если статья была или будет отправлена в другое издание, необходимо сообщить об этом редакции.

При подготовке материалов не допускается использовать средства автоматизации документов (колонтитулы, автоматически заполняемые формы и поля, даты), которые могут повлиять на изменение форматов данных и исходных значений.

Оформление статьи

Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (корректность выбранного УДК можно проверить на сайте Всероссийского института научной и технической информации – ВИНИТИ либо в сотрудничестве с библиографом учредителя журнала по тел. +7 4722 39-27-05).

Ниже, через пробел, слева без абзаца – инициалы и фамилии автора(ов), полужирным курсивом. Далее, через пробел, по центру строки – название статьи (должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом заглавными буквами.

После этого через пробел – аннотация и ключевые слова. Содержание аннотации должно отвечать требованиям, предъявляемыми к рефератам и аннотациям ГОСТ 7.9-95, ГОСТ 7.5-98, ГОСТ Р 7.0.4-2006, объем – 200–250 слов (1500–2000 знаков с пробелами).

Далее приводится текст статьи. Язык публикаций – русский или английский. Текст работы должен содержать введение, основную часть и заключение. Объем каждой из частей определяется автором. Вводная часть служит для обоснования цели выбранной темы, актуальности. Затем необходимо подробно изложить суть проблемы, провести анализ, отразить основные принципы выбранного решения и результаты проведенных исследований, а также привести достаточные основания и доказательства, подтверждающие их достоверность. В заключительной части формулируются выводы, основные рекомендации или предложения; прогнозы и(или) перспективы, возможности и области их использования. Не допускается применять подчеркивание основного текста, ссылок и примечаний, а также выделение его (окраска, затенение, подсветка) цветным маркером.

Авторский текст может сопровождаться монохромными рисунками, таблицами, схемами, фотографиями, графиками, диаграммами и другими наглядными объектами. В этом случае в тексте приводятся соответствующие ссылки на иллюстрации. Подписи к рисункам и заголовки таблиц обязательны.

Иллюстрации в виде схем, диаграмм, графиков, фотографий и иных (кроме таблиц) изображений считаются рисунками. Подпись к рисунку располагается под ним посередине строки. Например: «Рис. 1 – Получение гибридных клеток».

При подготовке таблиц разрешается только книжная их ориентация. Заголовки таблиц располагаются над ними, по центру. Например: «Таблица 3 – Стандарт породы по живой массе племенных телок».

Иллюстрации, используемые в тексте, дополнительно предоставляются в редакцию в виде отдельных файлов хорошего качества (с разрешением 300 dpi), все шрифты должны быть переведены в кривые. Исключение составляют графики, схемы и диаграммы, выполненные непосредственно в программе Word, в которой предоставляется текстовый файл, или Excel. Их дополнительно предоставлять в виде отдельных файлов не требуется.

Математические формулы следует набирать в формульном редакторе Microsoft Equation или Microsoft MathType. Формулы, набранные в других редакторах, а также выполненные в виде рисунков, не принимаются. Все обозначения величин в формулах и таблицах должны быть раскрыты в тексте.

При цитировании или использовании каких-либо положений из других работ даются ссылки на автора и источник, из которого заимствуется материал в виде отсылок, заключенных в квадратные скобки [1]. Все ссылки должны быть сведены автором в общий список (библиография), оформленный в виде затекстовых библиографических ссылок в конце статьи, где приводится полный перечень использованных источников. Использовать в статьях внутритекстовые и подстрочные библиографические ссылки не допускается.

Раздел «Библиография» следует сразу за текстом и содержит информацию о литературных источниках в соответствии с положениями ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка». Официальный текст документа в разделе «Приложения» содержит примеры библиографических описаний различного вида источников (книги, статьи в журнале, материалы конференций и пр.).

При составлении описаний на английском языке (References) рекомендуется использовать международный стандарт Harvard, избегая сокращений и аббревиатур:

Фамилия Инициалы всех авторов в транслитерации Название публикации в транслитерации [Перевод названия публикации на английском языке]. *Название источника публикации в транслитерации* (название журнала, сборника трудов, монографии при описании отдельной ее главы и т.д.) [Перевод названия источника публикации на английском языке]. Место

издания, Название издательства (для периодических изданий не указывается), год, номер тома, выпуска (при наличии), страницы.

В случае описания самостоятельного источника (книги, монографии, электронного ресурса) курсивом выделяется название публикации в транслитерации, далее следует перевод названия и данные об ответственности (место издания, название издательства или типографии и т.д.).

При транслитерации следует руководствоваться общепринятыми правилами Системы Библиотеки Конгресса США – LC. Во избежание ошибок рекомендуем воспользоваться электронными ресурсами, осуществляющими бесплатную он-лайн транслитерацию текстов (например, <http://translit.net> и др.). При использовании автоматизированных средств перевода проверьте используемые библиотеки символов (LC, BGN, BSI).

Далее размещаются сведения об авторах, которые включают фамилию, имя и отчество, ученую степень, ученое звание (при наличии), занимаемую должность или профессию, место работы (учебы) – полное наименование учреждения или организации, включая структурное подразделение (кафедра, факультет, отдел, управление, департамент и пр.), и его полный почтовый адрес, контактную информацию – телефон и(или) адрес электронной почты, а также другие данные по усмотрению автора, которые будут использованы для размещения в статье журнала и на информационном сайте издательства. В коллективных работах (статьях, обзорах, исследованиях) сведения авторов приводятся в принятой ими последовательности.

Далее необходимо привести на английском языке информацию об авторах (Information about authors), название статьи, аннотацию (Abstract), ключевые слова (Keywords).

Порядок представления материалов

Авторы предоставляют в редакцию (ответственным секретарям соответствующих тематических разделов) следующие материалы:

- статью в печатном виде, без рукописных вставок, на одной стороне стандартного листа, подписанную на последнем листе всеми авторами,
- статью в электронном виде, каждая статья должна быть в отдельном файле, в имени файла указывается фамилия первого автора,
- сведения об авторах (в печатном и электронном виде) – анкету автора,
- рецензию на статью, подписанную (доктором наук) и заверенную печатью,
- аспиранты предоставляют справку, подтверждающую место учебы.

При условии выполнения формальных требований предоставленная автором статья рецензируется согласно установленному порядку рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлекцией в целом. Автору не принятой к публикации рукописи редколлекция направляет мотивированный отказ.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Адреса электронной почты ответственных секретарей тематических разделов приведены ниже.

Тематический раздел «Биологические и ветеринарные аспекты современного аграрного производства»:

Дронов Владислав Васильевич, д. вет. н., доцент – ответственный редактор,

Мирошниченко Ирина Владимировна, к. б. н. – ответственный секретарь,

e-mail: imiroshnichenko_@mail.ru

тел. +7 903 887-34-90.

Тематический раздел «Зоотехнические основы развития животноводства и рыбного хозяйства»:

Походня Григорий Семенович, д. с.-х. н., профессор – ответственный редактор,

Витковская Виктория Петровна, к. с.-х. н. – ответственный секретарь,

e-mail: popenko_vika93@mail.ru

тел. +7 4722-39-14-27, +7-962-306-33-42

Пример оформления статьи

УДК 636.4:636.082.4

Г.С. Походня, Е.Г. Федорчук

ОСЕМЕНЕНИЕ СВИНОМАТОК В РАЗНОМ ВОЗРАСТЕ

Аннотация. Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации Текст аннотации (не менее 250 слов, 1500–2000 знаков с пробелами).

Ключевые слова: ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова, ключевые слова (не менее 5 слов).

INSEMINATION OF SOWS AT DIFFERENT AGES

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation.

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords.

Текст научной статьи.....
(текст).....
(текст).....
(текст).....

Таблица 1 - Стандарт породы по живой массе свиноматок

Библиография

1. Походня Г.С., Малахова Т.А. Эффективность использования препарата «Мивал-Зоо» для стимуляции половой функции у свиноматок // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 8. С. 166-168.
2. ...
3. ...

References

1. Pokhodnia G.S., Malakhova T.A. Effektivnost' ispol'zovaniia preparata "Mival-Zoo" dlia stimulitsii polovoi funktsii u svinomatok [The efficiency of a preparation "Mival-Zoo" to stimulate sexual function in sows]. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii* [Vestnik of Kursk State Agricultural Academy], 2015, no. 8, pp. 166-168.
2. ...3. ...

Сведения об авторах

Походня Григорий Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры разведения и частной зоотехнии, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел., e-mail:

Федорчук Елена Григорьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, ул. Вавилова, д. 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская обл., Россия, 308503, тел., e-mail:

Information about authors

Pokhodnia Grigorii S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Breeding and private animal husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin", ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. ... , e-mail: ...

Fedorchuk Elena G., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of production and processing of agricultural products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin", ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. ...

Guidelines for authors

The journal publishes review, problem, experimental articles covering biological aspects of the development of agriculture in the country and abroad, the latest achievements in the field of zootechnical science, veterinary medicine, ichthyology, research results in molecular biology, virology, microbiology, biochemistry, physiology, immunology, genetics of plants and animals, etc.

The contents of articles are reviewed (according to Journal's content) for topic relevance, clearness and statement logicity, the scientific and practical importance of the considered problem and novelty of the proposed author's solutions.

The total amount of the publication is decided by the amount of typographical units with interspaces. The recommended range of values makes from 12 thousand to 40 thousand typographical units with interspaces (0.3 – 1.0 printed pages). Materials which volume exceeds 40 thousand typographical units may be also accepted to the publication after preliminary agreement with editorial body. In case of impossibility of such materials replacement within one article, they may be published (with the author consent) in parts, in each subsequent (next) issue of the Journal.

Articles must be issued on sheets A4, printed type must be Times New Roman, size must be 12 pt; for registration of tables titles, drawings, charts, block diagrams and other illustrations – Times New Roman, usual, size is 10 pt; for notes and footnotes – Times New Roman, usual, size 10 pt. For registration of the bibliography, data on authors, summaries and keywords the size is 10 pt, a line spacing is 1.0. Edges above and below, right and left are 2 cm, the paragraph is 0.7 cm (without interspaces), a format is a book. If article was or will be sent to another edition it is necessary to report to our editions.

During materials preparation you may not to use an automation equipment of documents (headlines, automatically filled forms and fields, dates) which can influence change of formats of data and reference values.

Article registration

In the left top corner from the paragraph article UDC is printed (check a correctness of the chosen UDC on the site of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information or in cooperation with the bibliographer of the founder of Journal by tel. +7 4722 39-27-05).

Below, after interspaces, at the left from the paragraph are full name of the author(s), semi boldface italics. Further, after interspaces, in the center of a line is article title (the name of article has to reflect the main idea of the executed research and should be as short as possible) and it prints with capital letters.

Then with a new paragraph one places «Abstract» – a summary (issued according to requirements imposed to papers and summaries of State Standard GOST 7.9-95, GOST 7.5-98, GOST P 7.0.4-2006 of 200 – 250 words (1 500 – 2 000 signs), from the new paragraph one provides keywords.

Next after interspaces is the text of article, the bibliography (the bibliographic description is provided according to State Standard GOST P 7.0.5-2008 «Bibliographic reference») and its option in English (References). By drawing up descriptions in English it is recommended to use the international Harvard standard taking into account that authors full name of Russian-speaking sources, article titles are transliterated (according to rules of System of Library of the Congress of the USA – LC), after that in square brackets is translation of publication title, further is given its output data (in English or transliteration, without reductions and abbreviations).

Further there are data about authors, which include a surname, a name and a middle name; academic degree, academic status (now); post or profession; a place of work (study) – full name of organization, including structural division (chair, faculty, department, management, department, etc.), and their full postal address, contact information – telephone and (or) the e-mail address, and also other data on the author's discretion which will be used for article's replacement in the Journal and on the informational website of publishing house. In collective works (articles, reviews, researches) of data of authors are brought in the sequence accepted by them.

The main text of the published material (article) is provided in Russian or English. The text of the published work has to contain: introduction, main part and conclusion. The volume of each of parts is defined by the author. Then it is necessary to detail a problem, carry out the analysis, prove the chosen decision, and give the sufficient bases and proofs confirming ones reliability. In conclusion the author formulates the generalized conclusions, the main recommendations or offers; forecasts and(or) prospects, opportunities and their application area.

For highlighting of the most important concepts, conclusions is used the bold-face type and italics. It is not allowed to apply underlining of the main text, references and notes, and also its allocation (coloring, illumination) a color marker.

The author's text can be accompanied by monochrome drawings, tables, schemes, photos, schedules, charts and other graphic objects. In this case the corresponding references to illustrations are given in the text. Drawings titles and headings of tables are obligatory.

Illustrations in the form of schemes, charts, schedules, photos and others (except tables) images are considered as drawings. Drawing title is under it in the middle of a line. For example: "Fig. 1 – Obtaining hybrid cells".

During tables preparation you can use only book orientation of the table. Table title is over it, in the center. For example: "Table 3 – The breed standard in live weight of breeding heifers".

The illustrations used in the text in addition are provided in edition in the form of separate files of high quality (with the resolution of 300 dpi), all fonts have to be transferred to curves. The exception is made by the schedules, schemes and charts executed directly in the Word program in which the text file or Excel is provided. It is not required to provide them in the form of different files.

Mathematical formulas should be written in the formular Microsoft Equation or Microsoft MathType editor. The formulas, which are written in other editors and in the form of drawings, are not accepted. All designations of sizes in formulas and tables must be explained in the text.

In case of citing or using any provisions from other works one should give references to the author and a source from which material in the form of the sending concluded in square brackets [1]. All references must be listed by the author in the general list (References) issued in the form of endnote bibliographic references in the end of article where the full list of the used sources is provided. Do not use intra text and interlinear bibliographic references in articles.

Order of materials representation

Authors provide the following materials in edition (responsible secretaries of the appropriate thematic sections):

– article in printed form, without hand-written inserts, on one party of a standard sheet, signed on the last sheet by all authors,

- article in electronic form, each article has to be in the different file, the surname of the original author titles the file,
- data about authors (in a printing and electronic versions) – the questionnaire of the author,
- the review of article signed (doctor of science) and certified by the press
- graduate students provide the reference confirming a study place.

On condition of implementation of formal requirements to materials for the publication the article manuscript provided by the author is reviewed according to an established order of reviewing of the manuscripts, which are coming to editorial office of the Journal. The decision on expediency of the publication after reviewing is made by the editor-in-chief (deputy chief editors), and if it is necessary by an editorial board in general. The editorial board sent to the author of the unaccepted manuscript a motivated refusal.

The payment for the manuscripts publication is not charged from graduate students.

E-mail addresses of responsible secretaries of thematic sections are given below.

Thematic section «Biological and veterinary aspects of modern agricultural production»:

Dronov Vladislav Vasilyevich, Dr. Vet. Sci., Associate Professor - the editor-in-chief,

Miroshnichenko Irina Vladimirovna, Cand. Biol. Sci. – the responsible secretary,

e-mail: imiroshnichenko_@mail.ru

tel. +7 903 887-34-90.

Thematic section «Zootechnical basis for the development of animal husbandry and fisheries»:

Pokhodnia Grigorii Semenovich, Dr. Agric. Sci., Professor – the editor-in-chief,

Vitkovskaya Victoria Petrovna, Cand. Agric. Sci. – the responsible secretary,

e-mail: popenko_vika93@mail.ru

tel. +7 4722-39-14-27; + 7-962-306-33-42

Example of registration of article

UDC 636.4:636.082.4

G.S. Pokhodnia, E.G. Fedorchuk

INSEMINATION OF SOWS AT DIFFERENT AGES

Abstract. Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation Text annotation (not less than 250 words).

Keywords: keywords, keywords, keywords, keywords, keywords (not less than 5 keywords).

Text.....
.....

Table 1 - The breed standard in live weight of breeding sows

References

1. Bischofsberger W., Dichtl N., Rosenwinkel K. *Anaerobtechnik*. 2nd ed. Heidelberg, Springer Verlag, 2005. 23p.
2. Bruni E., Jensen AP., Angelidaki I. Comparative study of mechanical, hydrothermal, chemical and enzymatic treatments of digested biofibers to improve biogas production. *Bioresour Technol*, 2010, no. 101, pp. 8713 – 8717.
3. Hills D.J., Nakano K. Effects of particle size on anaerobic digestion of tomato solid wastes. *Agr Wastes*, 1984, no. 10, pp. 285-295.

Information about authors

Pokhodnia Grigorii S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Department of Breeding and Private animal husbandry, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. ... , e-mail:

Fedorchuk Elena G., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of production and processing of agricultural products, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin”, ul. Vavilova, 1, 308503, Maiskiy, Belgorod region, Russia, tel. ... , e-mail: