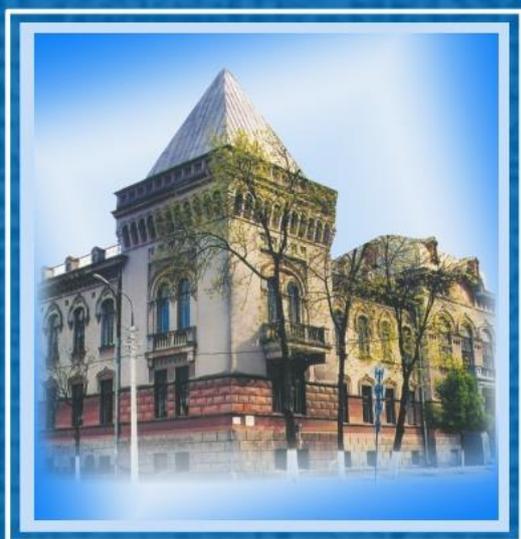


ISSN 2078-0109

Ученые Записки



Том 60
Выпуск 4
2024 г.

учреждения
образования
«Витебская ордена
«Знак Почета»
государственная
академия
ветеринарной
медицины»

Учредители

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии,
фармакологии и терапии»

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»
ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»**

**Том 60, выпуск 4
(октябрь – декабрь) 2024 г.**

Редакционная коллегия:

Горлова Ольга Сергеевна – кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор (главный редактор);
Субботина Ирина Анатольевна – кандидат ветеринарных наук, доцент (заместитель главного редактора);
Маценович Мария Степановна – кандидат ветеринарных наук (ответственный секретарь);

Бабина Мария Павловна – доктор ветеринарных наук, профессор;

Белова Лариса Михайловна – доктор биологических наук, профессор;

Бычкова Елизавета Игнатьевна – доктор биологических наук, профессор;

Гнедов Александр Александрович – доктор технических наук, профессор;

Громов Игорь Николаевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Ивановский Владимир Валентинович – доктор биологических наук, профессор;

Карпеня Михаил Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Котарев Вячеслав Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Красочко Петр Альбинович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Кузьмич Ростислав Григорьевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Лысенко Александр Павлович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Малашко Виктор Викторович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Мотузко Николай Степанович – кандидат биологических наук, доцент;

Паршин Павел Андреевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Прищепина Инна Михайловна – доктор биологических наук, профессор;

Субботин Александр Михайлович – доктор биологических наук, профессор;

Холод Валерий Михайлович – доктор биологических наук, профессор;

Шабунин Сергей Викторович – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН;

Шахов Алексей Гаврилович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Юнусов Худайназар Бекназарович – доктор биологических наук, профессор;

Ятусевич Антон Иванович – доктор ветеринарных наук, профессор.

Журнал перерегистрирован
Министерством информации
Республики Беларусь
8 февраля 2010 г.,
свидетельство о регистрации № 1227.

Журнал входит в перечень научных изданий Республики Беларусь и Российской Федерации для опубликования результатов диссертационных исследований

**Отрасли науки
(научные направления):**
ветеринарные;
биологические (биология);
сельскохозяйственные (зоотехния).

Периодичность издания – 4 раза в год.

Индекс по индивидуальной подписке -
00238

Индекс по ведомственной подписке -
002382

**Ответственность за точность
представленных материалов
несут авторы и рецензенты,
за разглашение закрытой
информации – авторы.**

Все статьи рецензируются.

Редакция может публиковать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора.

Электронная версия журнала размещается в ЭБС «Лань», Научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru и репозитории УО ВГАВМ.

**При перепечатке и цитировании
ссылка на журнал
«УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
УЧРЕЖДЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА»
ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ»
обязательна.**

Требования к оформлению статей для публикации в журнале «Ученые записки УО ВГАВМ»

Рукопись статьи представляется на русском, белорусском, английском языках. Объем полноразмерной оригинальной статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и другие символы), на белой бумаге формата А4, шрифт Arial (интервал одинарный, стиль обычный).

Параметры страницы: левое поле – 30 мм, правое, верхнее и нижнее поля – по 20 мм, абзацный отступ по тексту – 1,0 см.

На первой строке – УДК (размер букв 9 pt).

Ниже через одну пустую строку на русском языке (размер букв 9 pt) название статьи прописными буквами (жирным шрифтом) по центру строки, без переноса слов. Ниже через одну пустую строку по центру (жирным шрифтом) – строчными буквами фамилии и инициалы, личный идентификатор ORCID всех авторов (Международный реестр уникальных идентификаторов авторов, позволяющий однозначно идентифицировать личность ученого и корректно индексировать его в международных информационных базах). Фамилии, имена авторов на латинице приводятся в соответствии с идентификатором ORCID.

Ниже по центру строки – строчными буквами – полное название учреждения, город, страна. Ниже через одну пустую строку с абзацного отступа в 1,0 см светлым курсивом – аннотация. Далее – ключевые слова по содержанию статьи (от 5 до 10 слов).

Ниже через одну пустую строку на английском языке (размер букв 9 pt) название статьи прописными буквами (жирным шрифтом) по центру строки, без переноса слов. Ниже через одну пустую строку по центру (жирным шрифтом) – строчными буквами фамилии и инициалы всех авторов. Ниже по центру строки – строчными буквами – название учреждения, город, страна. Ниже через одну пустую строку с абзацного отступа в 1,0 см светлым курсивом – аннотация, далее – ключевые слова.

Аннотация (объем 300-600 знаков с пробелами) на русском и английском языках должна демонстрировать научную новизну работы, ее отличительные особенности и достоинства.

Ниже с абзацного отступа в 1,0 см, размер букв 10 pt, располагается текст статьи. Статья должна иметь следующие элементы, которые выделяются жирным: **введение; цель; материалы и методы исследований; результаты исследований; заключение** (заключение должно быть завершено четко сформулированными выводами) на русском и английском языках (230-250 слов, без учета ключевых).

Ниже через одну пустую строку литература (размер букв 9 pt) - жирным курсивом. **Список литературы / References** должен быть оформлен по ГОСТу. Поэтому авторы статей должны давать список литературы в двух вариантах: один – на языке оригинала (русскоязычные источники кириллицей, англоязычные латиницей) и отдельным блоком – тот же список литературы (References) в романском алфавите для международных баз данных, повторяя в нем все источники литературы, независимо от того, имеются ли среди них иностранные. При ссылке на переводные источники в References нужно ссылаться на оригинал. Транслитерируются фамилии авторов и русскоязычные названия источников. Каждый источник должен быть оформлен с абзацного отступа (красной строки, см. *пример оформления*).

Если научная работа написана на языке, который использует кириллический алфавит, то ее библиографическое описание необходимо транслитерировать латинскими буквами. Необходимо обратить внимание на написание фамилий авторов на английском языке. Большинство современных изданий содержат название статьи и фамилии авторов на английском языке. Название труда указывается на английском языке.

Рекомендуется цитировать не менее 8, но не более 10 источников. В статье не допускаются ссылки на авторефераты диссертационных работ или сами диссертации, т.к. они являются рукописями. Ссылки на журнальные статьи должны содержать DOI.

Далее – через одну пустую строку – адрес электронной почты и корреспондентский почтовый адрес, телефоны.

Статья, ее электронный вариант (в виде отдельного файла, названного по имени первого автора), выписка из заседания кафедры (отдела), экспертное заключение на статью представляются ответственному секретарю журнала (*mmatsinovitch@yandex.by*). Электронные варианты документов к статье должны быть сохранены **в формате pdf**.

Статьи объемом **14 000 - 16 000 знаков с пробелами** (объем статьи учитывается со списком литературы, не включая выходные данные на английском языке – до 5 страниц) оформляются **на русском языке**, на белой бумаге **формата А4, шрифт Arial (размер букв 10 pt, интервал одинарный, стиль обычный)**; **электронные варианты статей должны иметь расширение – doc**.

Далее через пробел, с абзацного отступа - **адрес электронной почты и корреспондентский почтовый адрес**.

Статья должна быть подписана автором (авторами). Ответственность за достоверность приведенных данных, изложение и оформление текста несут авторы.

Статьи должны быть написаны грамотно, в соответствии с правилами русского языка.

От **одного автора** может быть принято не более **двух статей** в личном или коллективном исполнении. Статьи будут дополнительно рецензироваться. **Редакционный совет оставляет за собой право отклонять материалы, которые не соответствуют тематике либо оформлены с нарушением правил.**

Пример оформления:

DOI
УДК 619.[615:612.017.1:159.9]:636.4

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ» ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ИММУННОГО СТАТУСА ПОРОСЯТ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СТРЕССЕ

Шахов А.Г. ORCID ID 0000-0002-6177-8858, Сашнина Л.Ю. ORCID ID 0000-0001-6477-6156, Тараканова К.В. ORCID ID 0000-0001-5093-5590, Карманова К.В. ORCID ID 0000-0003-0336-4734, Владимирова Ю.Ю. ORCID ID 0000-0001-8888-7264

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты изучения влияния простимула на иммунный статус поросят при технологическом стрессе, вызванном отъемом их от свиноматок и переводом на доращивание, в условиях промышленного свиноводческого комплекса. Установлено, что применение препарата сопровождается повышением неспецифического гуморального и клеточного иммунитета и показателей белкового обмена в период адаптации поросят к новым условиям существования, связанными с наличием в его составе альфа- и бета-интерферонов свиных рекомбинантных, обладающих иммуномодулирующей активностью, и витаминов А, Е и С, повышающих антиоксидантный и иммунный статус. Полученные результаты позволяют рекомендовать препарат «Простимул» для широкого применения в промышленном свиноводстве в критические периоды выращивания поросят для повышения иммунного статуса организма. **Ключевые слова:** простимул, поросята, общий белок, белковые фракции, интерфероны, витамины, технологический стресс, неспецифический гуморальный и клеточный иммунитет.*

APPLICATION OF THE DRUG "PROSTIMUL" FOR CORRECTION OF THE IMMUNE STATUS OF PIGLETS UNDER TECHNOLOGICAL STRESS

Shakhov A.G., Sashnina L.Yu., Tarakanova K.V., Karmanova K.V., Vladimirova Yu.Yu.
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of studies on the effect of Prostimul on the immune status of piglets under technological stress caused by their weaning and transferring to an industrial pig-breeding complex for growing. It was found that the application of the drug was accompanied by an increase in nonspecific humoral and cellular immunity and indicators of protein metabolism during the adaptation of piglets to new conditions of living. This is associated with the presence in the drug composition of recombinant porcine interferons alpha and beta that possess the immune modulating activity, as well as vitamins A, E and C increasing antioxidant and immune status. The results obtained allow us to recommend the drug "Prostimul" for a widespread application in industrial pig breeding during critical periods of rearing piglets to improve the immune status of the animal body. **Keywords:** Prostimul, piglets, total protein, protein fractions, interferons, vitamins, technological stress, nonspecific humoral and cellular immunity.*

Введение.....
Цель исследований.....
Материалы и методы исследований.....
Результаты исследований.....
Заключение....
Conclusion.....

Список литературы.

1. Максимов, Г. В. Способ оценки стрессоустойчивости свиней / Г. В. Максимов, Н. В. Ленкова, А. Г. Максимов // Ветеринарная патология. – 2014. – № 3–4 (49–50). – С. 62–68.
2. Особенности гуморального и клеточного иммунитета у поросят при технологическом стрессе / А. Г. Шахов [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2020. – № 2 (11). – С. 143–156.

References.

1. Maksimov, G. V. Sposob otsenki stressoustoychivosti sviney / G. V. Maksimov, N. V. Lenkova, A. G. Maksimov // Veterinarnaya patologiya. – 2014. – № 3–4 (49–50). – P. 62–68.
2. The peculiarities of humoral and cellular immunity in piglets under a technological stress / A. G. Shakhov [et al.] // Bulletin of veterinary pharmacology. – 2020. – № 2 (11). – P. 143–156.

E.mail: Olga12@mail.ru.

Адрес: 213257, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. Ленина, 7/65

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-4-9
УДК 619:616.5-002:615

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГРИБКОВОГО ПРЕПАРАТА «ТЕРБИНАЗОЛ» ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДЕРМАТОМИКОЗОВ У МОРСКИХ СВИНОК

Авдачёнок В.Д. ORCID ID 0000-0002-9709-3746, Туминец О.А. ORCID ID 0009-0004-6659-6529
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*В статье описывается оценка эффективности применения противогрибкового препарата «Тербиназол» при лечении дерматомикозов у морских свинок. Терапевтическая эффективность ветеринарного препарата «Тербиназол» у морских свинок, больных дерматомикозом (трихофитией), составила 100%. Полный курс лечения при применении препарата «Тербиназол» составил 13,4±0,40 дней. **Ключевые слова:** ветеринарный препарат, тербиназол, дерматомикозы, терапевтическая эффективность, морские свинки.*

EFFICACY OF ANTIFUNGAL DRUG TERBINAZOLE USED FOR TREATMENT OF DERMATOMYCOSIS IN GUINEA PIGS

Avdachenok V.D., Tuminets O.A.
EE “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”, Vitebsk, Republic of Belarus

*The article features the assessment of the efficacy of the antifungal Terbinazole when used for the treatment of dermatomycosis in guinea pigs. The therapeutic efficacy of the Terbinazole veterinary drug in guinea pigs with dermatomycosis (trichophytosis) made 100%. The full course of treatment with the antifungal Terbinazole was 13.4±0.40 days. **Keywords:** veterinary drug, Terbinazole, dermatomycosis, therapeutic efficacy, guinea pigs.*

Введение. В настоящее время патологии кожного покрова у разных видов животных встречаются довольно часто. Инфекции грибковой этиологии занимают одно из ведущих мест среди кожных заболеваний животных. За последние десятилетия существенно изменился видовой состав возбудителей, появились новые клинические формы этих заболеваний, изменились подходы к диагностике, терапии и профилактике. Зарегистрированы новые эмерджентные грибковые заболевания, ранее неизвестные науке возбудители и инфекции, диагностирующиеся впервые. Известные и побежденные грибковые патологии кожи животных вновь получили неожиданное распространение и новую симптоматику на неестественных видах хозяев (змеи, амфибии и др.). В современных условиях актуальными и распространенными заболеваниями являются дерматофитозы как среди продуктивных животных, так и среди домашних животных-компаньонов [2, 6].

Дерматомикозы – инфекционные заболевания кожи и ее производных, вызываемые болезнетворными грибами-дерматофитами, или дерматомицетами. В процессе своей эволюции основные патогенные представители дерматофитов покинули почву, по-видимому, являющуюся основным исходным резервуаром их существования, и приспособились к жизни в тканях человека и животных, содержащих кератин. Кератин стал основным местом их существования, размножения, роста и питания. Способность дерматофитов продуцировать протеолитические и кератолитические ферменты является одним из факторов вирулентности грибковой инфекции. Следовательно, возможность дерматофитов инфицировать зависит от их вида, количества спор, факторов вирулентности и иммунного статуса хозяина [1, 7, 14].

Дерматофитозы имеют социальное значение, так как представляют серьезную угрозу для здоровья человека. Чаще всего основным источником заражения человека являются домашние животные, так как они максимально приближены к человеку и являются переносчиками и резервуарами грибов-дерматофитов [8].

В последнее время в качестве домашних животных все чаще выступают грызуны, а именно: кролики, морские свинки, шиншиллы, хомяки, хорьки и другие животные. Грызуны также являются одними из переносчиков патогенных грибов. Наиболее распространенными возбудителями для них являются *Trichophyton erinacei*, *T. mentagrophytes*, *T. quinckeanum*, *Arthroderma benhamiae*, *A. vanbreuseghemii* и *Microsporum canis*. По данным Donnelly T.M. и др. (2000), дерматофитозы редко встречаются у шиншиллы, мышей, крыс, хомяков, хорьков, а часто – у кроликов и морских свинок [12, 13].

Дерматофитоз морских свинок почти всегда вызывается *Trichophyton mentagrophytes*, редко – *Microsporum spp.* и *Trichophyton verrucosum*. Предрасполагающими факторами к возникновению заболевания являются возраст (чаще болеют молодые и старые животные), ослабленный иммунитет, состояние стресса, скученное содержание, антисанитарные условия, высокая температура и влажность окружающей среды, а также сопутствующие заболевания. Клинические признаки дерматофитоза морских свинок разнообразны. Поражения кожи часто начинаются с очерченных или сливающихся участков незудящего шелушения и alopecий в области спинки носа, ушей и мордочки. В запущенных случаях очаги грибковой инфекции могут распространяться на шею, туловище и конечности. Если лечение отсутствует, то происходит дальнейшее их воспаление и инфицирование бактериями. Вторичная инфекция проявляется в виде пустул, папул, корок с усилением зуда [11].

На современном рынке имеется широкий выбор лекарственных средств для профилактики и лечения дерматомикозов. Литературные данные свидетельствуют о том, что не все средства являются эффективными, многие имеют побочные эффекты и противопоказания, что в ряде случаев ограничивает их применение. Например, многие противогрибковые антибиотики обладают высокой токсичностью или не рекомендуются при ряде заболеваний почек, заболеваниях кроветворной системы, при их применении возможно проявление аллергических реакций. Среди разных методов лечения микозов наружная терапия является оправданным и рациональным подходом при большинстве дерматомикозов, отличаясь безопасностью, простотой и удобством использования [3, 9].

В связи с этим важной задачей для ветеринарной медицины является разработка и внедрение в производство наружных средств противогрибковой терапии, обладающих высокой эффективностью.

Цель исследований – определение терапевтической эффективности отечественного ветеринарного препарата «Тербиназол» (*Terbinazolum*) при дерматофитии морских свинок.

Материалы и методы исследований. Препарат представляет собой прозрачный раствор светло-желтого цвета, который в качестве активных действующих веществ содержит тербинафин и энилконазол. Оба вещества обладают широким спектром противогрибкового действия. Терапевтический эффект усиливается благодаря их синергической комбинации в препарате. Кроме того, после нанесения препарата на кожу, он образует прозрачную пленку, пролонгируя противогрибковое действие активных фармацевтических субстанций. После наружного применения тербиназол имеет низкую системную биодоступность, при местном использовании абсорбция препарата составляет менее 5%. В рекомендуемой дозе препарат не оказывает местно-раздражающего, эмбриотоксического, тератогенного, мутагенного и иммунотоксического действия [15, 10].

Терапевтическую эффективность препарата «Тербиназол» изучали в условиях вивария ГУК «Гродненский зоологический парк» на спонтанно инфицированных дерматофитами морских свинок обоего пола массой 500-1000 г в возрасте от 4 месяцев до 1 года.

В ходе клинического обследования было выявлено 15 животных с симптомами грибковой инфекции. Предварительный диагноз на дерматофитию был поставлен на основании анамнеза и клинических признаков. У больных морских свинок наблюдали округлые alopecии (у некоторых с признаками фолликулита) размером 1,2-5,5 см в диаметре в области спинки носа, ушных раковин, спины и живота. Кожа шелушащихся пораженных очагов была сухая и складчатая. В некоторых случаях шерсть была покрыта серовато-белым налетом. Кожа ушных раковин у нескольких животных приобретала синюшный оттенок с наличием корок серого цвета. Наличие зуда варьировалось от полного его отсутствия до незначительного в зависимости от тяжести заболевания. У нескольких животных отмечалось угнетенное состояние и отсутствовал аппетит.

При проведении предварительной дифференциальной диагностики возбудителей дерматофитозов (микроспории и трихофитии) проводилось исследование волос с применением люминесцентного света. Окончательный диагноз на трихофитию морских свинок был подтвержден результатами лабораторных анализов отобранных проб материала (волосы, корочки с остатками волос, чешуйки эпидермиса) на кафедре микробиологии и вирусологии УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Лабораторная диагностика включала в себя микроскопическое (световая микроскопия, исследование волос в люминисцирующем свете) и микологическое исследование (выделение культур грибов и их идентификация) согласно методическим рекомендациям по обнаружению дерматофитозов животных [4, 5].

Для проведения опыта было сформировано 4 группы морских свинок (3 опытных и 1 контрольная) по 5 животных в каждой. Морским свинкам 1-й группы (опытной) путем рас-

пыления применяли препарат «Тербиназол» локально наружно по направлению от периферии к центру с расстояния 10 см на места поражения кожи грибом, а также на границе со здоровой тканью на 1-2 см с кратностью обработки 1 раз в 48 часов. Животным 2-й (опытной) группы применяли антимикотический препарат «Зоомиколь» также 1 раз в 48 часов. Морские свинки 3-й (опытной) группы были клинически здоровы и, соответственно, лечение им не оказывалось. Животные 4-й группы (контрольной) были с клиническими признаками дерматофитоза (диагноз был подтвержден лабораторными исследованиями). В течение эксперимента лечение им не оказывалось.

Больные морские свинки в 1-й опытной группе имели следующие клинические признаки. У первого животного обнаружены крупноочаговые формы грибковой инфекции размерами 4,2×3,7 см и 5,5×4,0 см с присутствием корок и серо-белого налета, покрывающие большую площадь спины (рисунок 1.1). У второй морской свинки наблюдали обширную алопецию в области живота с шелушением кожи и наличием незначительного зуда. В первом и втором случае можно заподозрить затянувшийся процесс, так как площадь поражения кожи была значительной (рисунок 2.1). Третье животное в группе было крайне бесплодным. Пыталось чесать лапками пораженный участок кожи. У него была выявлена алопеция размером 1,6×1,2 см на спинке носа с выраженной воспалительной реакцией, периферическим ростом и корочками от возможных расчесов (рисунок 3.1). Четвертая морская свинка была с клиническими признаками грибковой инфекции в области наружной поверхности ушной раковины. Здесь поражение кожи характеризовалось наличием корок серого цвета преимущественно с синюшным оттенком и болезненностью (рисунок 4.1). У пятого животного отмечалось усиленное шелушение кожи в основании уха без выраженного зуда (рисунок 5.1).

Критериями терапевтической эффективности препарата «Тербиназол» были результаты клинического осмотра животных (уменьшение выраженности симптоматики, сокращение и исчезновение алопеций, отсутствие зуда, шелушения в области пораженных очагов кожи, наличие роста новых волос), а также проведение лабораторной диагностики с получением отрицательного результата на дерматофитоз.

Результаты исследований. При применении препарата «Тербиназол» у животных 1-й опытной группы улучшение общего состояния отмечалось уже на 3-й день проведения эксперимента. Морские свинки стали более активными, с аппетитом поедали корм. У всех животных в группе на 5-й день опыта отсутствовал зуд пораженных участков кожи. У первой морской свинки после второй обработки противогрибковым препаратом уменьшилось шелушение кожи в области пораженных очагов (рисунок 1.2). В области спины на 6-й день лечения сократились в размере алопеции, полностью исчез бело-серый налет (рисунок 1.3). После 4-й обработки больных морских свинок десквамация эпителия полностью прекратилась, наблюдался рост новых волос, которые имели более светлую окраску, чем остальные волосы. Впоследствии измененная пигментация волос утратилась, и они не отличались от окружающего волосяного покрова. Очаги поражения в области спины полностью покрылись шерстью на 14-й день проведения эксперимента (рисунок 1.4). Улучшение клинического состояния второй морской свинки отмечалось после 2-й обработки препаратом. Прекратилось шелушение кожи. На 8-й день лечения область живота была покрыта короткой шерстью, а к 11-му дню больная морская свинка по внешнему виду не отличалась от животных 3-й опытной группы (рисунки 2.2 и 2.3). После 2-й обработки препаратом «Тербиназол» дерматофитозного очага на спинке носа у третьего животного исчезло шелушение и желание расчесать пораженный участок кожи. На 6-й день очерченность места грибковой инфекции исчезла, появился рост новых шерстных волос (рисунок 3.2). После 4-й обработки полностью произошла регенерация волосяного покрова (рисунок 3.3). У четвертой морской свинки после второй обработки препаратом отсутствовала болезненность в области пораженной ушной раковины. Прекратилось шелушение и исчез синюшный оттенок кожи (рисунок 4.2). На 7-й день лечения кожа приобрела здоровый внешний вид (рисунок 4.3). После второй обработки препаратом у пятого животного значительно уменьшилась десквамация эпителия (рисунок 5.2). Кожа в области основания уха после третьей обработки была без видимых признаков грибкового заболевания. Пораженный участок был полностью покрыт шерстными волосами (рисунок 5.3).

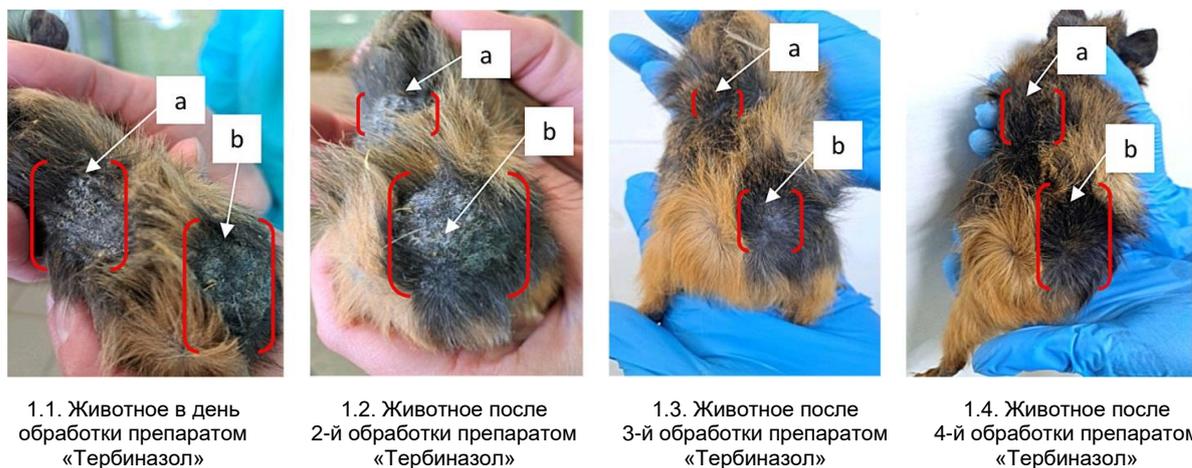


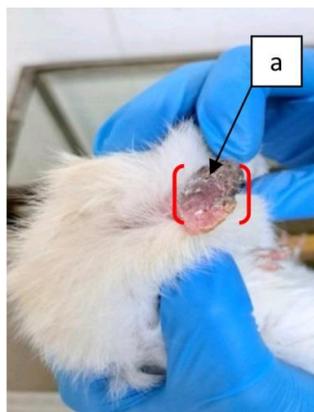
Рисунок 1 – Морская свинка с крупноочаговыми формами грибковой инфекции в области спины до и после лечения (а- и б-очаги поражения кожи грибами-дерматофитами)



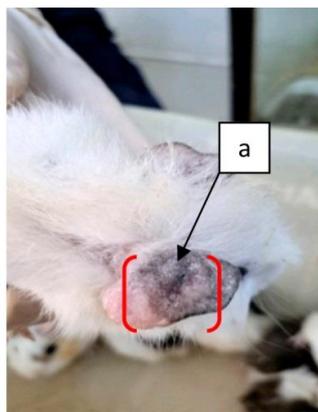
Рисунок 2 – Морская свинка с обширной алопецией в области живота до и после лечения (а – поражение кожи грибами-дерматофитами)



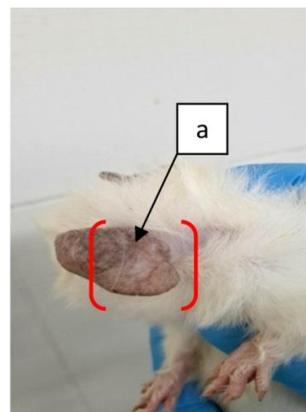
Рисунок 3 – Морская свинка с алопецией в области спинки носа и корочками до и после лечения (а – поражение кожи грибами-дерматофитами)



4.1. Животное в день 1-й обработки препаратом «Тербиназол»

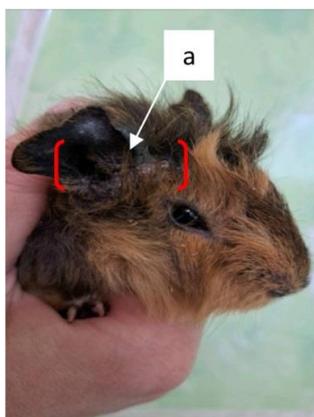


4.2. Животное после 2-й обработки препаратом «Тербиназол»

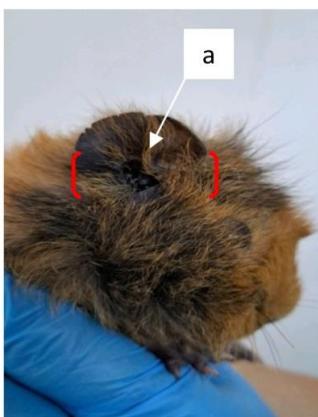


4.3. Животное после 3-й обработки препаратом «Тербиназол»

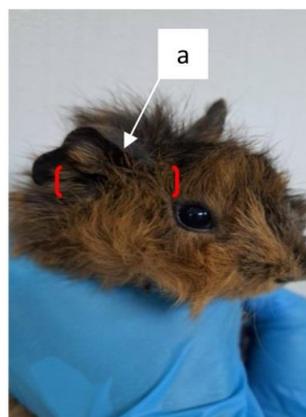
Рисунок 4 – Морская свинка с корочками в области наружной поверхности ушной раковины (а – поражение кожи грибами-дерматофитами)



5.1. Животное в день 1-й обработки препаратом «Тербиназол»



5.2. Животное после 2-й обработки препаратом «Тербиназол»



5.3. Животное после 3-й обработки препаратом «Тербиназол»

Рисунок 5 – Морская свинка с шелушением кожи в области основания ушной раковины (а – поражение кожи грибами-дерматофитами)

При проведении лечения препаратом «Тербиназол» больных дерматофитией (трихофитией) морских свинок улучшение клинического статуса животных данной группы отмечалось с 5-ого дня лечения, а полное исчезновение симптоматики грибковой инфекции – на $13,4 \pm 0,40$ день. Выраженный лечебный эффект был достигнут благодаря наличию в составе препарата пленкообразующего полимера. После испарения растворителя на коже образовывалась прозрачная неощутимая, труднорастворимая в воде пленка, тем самым пролонгируя абсорбцию действующих веществ (тербинафина и энилконазола), и препятствующая дальнейшему распространению возбудителя трихофитии на здоровые участки кожи и шерстный покров животных. В течение 60 дней наблюдения за морскими свинками, обработанными препаратом «Тербиназол», не регистрировалось повторных случаев возникновения грибкового заболевания.

Клинические признаки у больных морских свинок 2-й опытной группы полностью исчезли на $16,2 \pm 0,37$ дни лечения.

Больным животным контрольной группы также было оказано лечение согласно схеме, принятой ветеринарными специалистами организации.

Побочных эффектов при применении противогрибковых препаратов у морских свинок не регистрировалось.

Заключение. Таким образом, терапевтическая эффективность ветеринарного препарата «Тербиназол» у морских свинок, больных дерматомикозом (трихофитией), составила 100%. Курс лечения состоял из 3-4 применений препарата с кратностью обработки один раз в 48 часов. Полученные данные подтверждены отрицательными результатами лабораторной диагно-

стики на 10 и 60 день после обработки. Полное восстановление шерстного покрова при применении препарата «Тербиназол» наблюдалось на $13,4 \pm 0,40$ день лечения.

Conclusion. Thus, the therapeutic efficacy of the veterinary drug Terbinazole used in guinea pigs with dermatomycosis (trichophytosis) was 100%. The course of treatment consisted of 3-4 applications of the drug with a treatment frequency of once every 48 hours. The obtained data were confirmed by negative results of laboratory diagnostics on the 10th and 60th day after treatment. Complete restoration of the coat when using the drug "Terbinazole" was observed on the 13.4 ± 0.40 th day of treatment.

Список литературы. 1. Голубев, И. А. Дерматомикозы животных / И. А. Голубев. – Москва : Колос, 1970. – 192 с. 2. Овчинников, Р. С. Грибковые инфекции кожи: современная этиологическая структура, подходы к диагностике, терапии и профилактике / Р. С. Овчинников // *Материалы Международного ветеринарного дерматологического симпозиума*. – Санкт-Петербург, 2012. – Т. 31. – С. 18–19. 3. Изучение эффективности нового противомикробного средства для лечения дерматофитозов животных / Т. Ф. Черных, А. М. Лунегов, А. В. Шульц [и др.] // *Аграрная наука*. – 2022. – № 9. – С. 22–25. 4. Лабораторная диагностика бактериальных инфекций домашних животных : учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по специальности «Ветеринарная медицина» и слушателей факультета повышения квалификации / А. А. Вербицкий, В. Н. Алешкевич, А. П. Медведев [и др.] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : УО ВГАВМ, 2015. – 114 с. 5. Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил по профилактике и борьбе с зооантропонозными дерматомикозами (дерматофитозами) [Текст : электронный] : постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 26 октября 2010 г., № 65 (в редакции Постановлений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 17 июля 2012 г., № 46 ; от 23 февраля 2018 г., № 23 ; от 19 ноября 2021 г., № 71 ; от 24 марта 2022 г., № 23). – URL : <https://mshp.gov.by/ru/technical-acts-ru/view/veterinarno-sanitarnye-pravila-po-profilaktike-i-borbe-s-zooantroponoznymi-dermatofitozami-dermatofitozami> (дата обращения : 27.07.2023). 6. Овчинников, Р. С. Эмерджентные грибковые инфекции животных: новые виды возбудителей / Р. С. Овчинников, М. Г. Маноян, А. Н. Панин // *VetPharma*. – 2014. – № 2 (18). – С. 66–73. 7. Родионов, А. Н. Грибковые заболевания кожи. Руководство для врачей / А. Н. Родионов. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2000. – 288 с. 8. Савинов, В. А. Распространённость дерматофитозов у мелких домашних животных / В. А. Савинов // *Успехи медицинской микологии*. – 2018. – Т. 19. – С. 373–375. 9. Сергеев, А. Ю. Грибковые инфекции / А. Ю. Сергеев, Ю. В. Сергеев. – Москва : БИНОМ-Пресс, 2003. – 440 с. 10. Bechter, R. Teratogenicity in vitro-A comparative study of four antimycotic drugs using the whole-embryoculture system / R. Bechter, B. P. Schmid // *Toxicol in vitro*. – 1987. – Vol. 1(1). – P. 11. 11. Dermatophytosis in the guinea pig [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.veterinary-practice.com/article/dermatophytosis-in-the-guinea-pig>. – Date of access: 27.07.2023. 12. Fehr, M. Zoonotic potential of dermatophytosis in small mammals / M. Fehr // *Journal of Exotic Pet Medicine*. – 2015. – Vol. 24, № 3. – P. 308–316. 13. Paryuni, A. D. Dermatophytosis in companion animals: A review / A. D. Paryuni, S. Indarjulianto, S. Widayari // *Veterinary world*. – 2020. – № 13 (6). – P. 1174–1181. 14. <https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/enilconazole-summary-report-committee-veterinary-medicinal-products>. – DOI: 10.1016/0887-2333(87)90032-4.

References. 1. Golubev, I. A. Dermatomikozny zhivotnyh / I. A. Golubev. – Moskva : Kolos, 1970. – 192 s. 2. Ovchinnikov, R. S. Gribkovye infekcii kozhi: sovremennaya etiologicheskaya struktura, podhody k diagnostike, terapii i profilaktike / R. S. Ovchinnikov // *Materialy Mezhdunarodnogo veterinarnogo dermatologicheskogo simpoziuma*. – Sankt-Peterburg, 2012. – T. 31. – S. 18–19. 3. Izuchenie effektivnosti novogo protivomikrobnogo sredstva dlya lecheniya dermatofitozov zhivotnyh / T. F. Chernyh, A. M. Lunegov, A. V. SHul'c [i dr.] // *Agrarnaya nauka*. – 2022. – № 9. – S. 22–25. 4. Laboratornaya diagnostika bakterial'nyh infekcij domashnih zhivotnyh : uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov, obuchayushchih'sya po special'nosti «Veterinarnaya medicina» i slushatelej fakul'teta povysheniya kvalifikatsii / A. A. Verbickij, V. N. Aleshkevich, A. P. Medvedev [i dr.] ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : UO VGAVM, 2015. – 114 s. 5. Ob utverzhdenii Veterinarno-sanitarnykh pravil po profilaktike i bor'be s zooantroponoznymi dermatomikozami (dermatofitozami) [Tekst : elektronnyj] : postanovlenie Ministerstva sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus', 26 oktyabrya 2010 g., № 65 (v redakcii Postanovlenij Ministerstva sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus' ot 17 iyulya 2012 g., № 46 ; ot 23 fevralya 2018 g., № 23 ; ot 19 noyabrya 2021 g., № 71 ; ot 24 marta 2022 g., № 23). – URL : <https://mshp.gov.by/ru/technical-acts-ru/view/veterinarno-sanitarnye-pravila-po-profilaktike-i-borbe-s-zooantroponoznymi-dermatomikozami-dermatofitozami> (data obrascheniya : 27.07.2023). 6. Ovchinnikov, R. S. Emerdzhentnye gribkovye infekcii zhivotnyh: novye vidy vozбудitelej / R. S. Ovchinnikov, M. G. Ma-noyan, A. N. Panin // *VetPharma*. – 2014. – № 2 (18). – S. 66–73. 7. Rodionov, A. N. Gribkovye zabolevaniya kozhi. Rukovodstvo dlya vrachej / A. N. Rodionov. – 2-e izd. – Sankt-Peterburg : Piter, 2000. – 288 s. 8. Savinov, V. A. Rasprostranyonnost' dermatofitozov u melkih domashnih zhivotnyh / V. A. Savinov // *Uspekhi medicinskoj mikologii*. – 2018. – T. 19. – S. 373–375. 9. Sergeev, A. YU. Gribkovye infekcii / A. YU. Sergeev, YU. V. Sergeev. – Moskva : BINOM-Press, 2003. – 440 s. 10. Bechter, R. Teratogenicity in vitro-A comparative study of four antimycotic drugs using the whole-embryoculture system / R. Bechter, B. P. Schmid // *Toxicol in vitro*. – 1987. – Vol. 1(1). – P. 11. 11. Dermatophytosis in the guinea pig [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.veterinary-practice.com/article/dermatophytosis-in-the-guinea-pig>. – Date of access: 27.07.2023. 12. Fehr, M. Zoonotic potential of dermatophytosis in small mammals / M. Fehr // *Journal of Exotic Pet Medicine*. – 2015. – Vol. 24, № 3. – P. 308–316. 13. Paryuni, A. D. Dermatophytosis in companion animals: A review / A. D. Paryuni, S. Indarjulianto, S. Widayari // *Veterinary world*. – 2020. – № 13 (6). – P. 1174–1181. 14. <https://www.ema.europa.eu/en/documents/mrl-report/enilconazole-summary-report-committee-veterinary-medicinal-products>. – DOI: 10.1016/0887-2333(87)90032-4.

Поступила в редакцию 27.09.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-10-13
УДК 615.015.3:615.28:636.028

ПАРАМЕТРЫ ТОКСИЧНОСТИ АНТИМИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА НА БЕЛЫХ МЫШАХ

Бабушкина А.Е. ORCID ID 0009-0009-3515-1259, Ческидова Л.В. ORCID ID 0000-0003-0196-1754,
Корчагина А.А. ORCID ID 0000-0002-8561-417X, Брюхова И.В. ORCID ID 0000-0003-2251-0581,
Близнецова Г.Н. ORCID ID 0000-0002-1042-9279

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты исследования острой токсичности нового антимикробного препарата на основе левофлоксацина. Эксперимент проведен на белых лабораторных мышах, которым вводили исследуемый препарат однократно в разных дозах внутривентрикулярно и подкожно. В результате исследования были установлены параметры токсичности, что позволило отнести новое лекарственное средство к 4 классу опасности. LD₅₀ при подкожном введении для белых мышей составила 13126,57±1537,49 мг/кг. **Ключевые слова:** острая токсичность, параметры токсичности, LD₅₀, белые мыши.*

TOXICITY PARAMETERS OF A COMPLEX ANTIMICROBIAL DRUG BASED ON LEVOFLOXACIN USED ON WHITE MICE

Babushkina A.E., Cheskidova L.V., Korchagina A.A., Bryukhova I.V., Bliznetsova G.N.
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of a study of the acute toxicity of a new antimicrobial drug based on levofloxacin. The trial was conducted on white laboratory mice, which were administered the drug under investigation once at different doses intragastrically and subcutaneously. As a result of the study, toxicity parameters were established, which made it possible to classify the new drug as Hazard class 4. The LD₅₀ for subcutaneous administration for white mice was 13126.57±1537.49 mg/kg. **Keywords:** acute toxicity, toxicity parameters, LD₅₀, white mice.*

Введение. Открытие антибиотиков и разработка синтетических антибактериальных препаратов стало настоящей фармакологической революцией. Однако, несмотря на это, распространенность инфекционных заболеваний продолжает расти из-за чрезвычайной универсальности и адаптивности микроорганизмов, что позволяет им вырабатывать механизмы резистентности и защищать себя от многих антимикробных соединений [1]. Бактерии, устойчивые к лекарственным средствам, представляют собой серьезную проблему общественного здравоохранения во всем мире. Поскольку распространение патогенов с множественной лекарственной устойчивостью опережает открытие новых антибактериальных препаратов, важно исследовать взаимосвязь между структурой и активностью уже известных бактерицидных средств [2]. Хинолоны и фторхинолоны являются бактерицидными антибиотиками широкого спектра действия; в настоящее время доступно четыре поколения, все они активны в отношении многих грамотрицательных бактерий [3]. Мишенью для фторхинолонов служат бактериальные ферменты ДНК-гираза (тетрамер, состоящий из двух А- и двух В-полипептидных субъединиц) и топоизомеразы IV (тетрамер, состоящий из двух С- и двух Е-субъединиц). Эти ферменты отвечают за репликацию, генетическую рекомбинацию и восстановление ДНК большинства грамположительных, грамотрицательных и атипичных бактерий, а также ингибируют их рост от 2 до 6 часов после воздействия [4-6]. Химиотерапевтические средства этой группы одобрены для применения и используются как в гуманной, так и в ветеринарной медицине, однако их токсические эффекты до сих пор не полностью изучены. Поэтому при разработке новых лекарственных препаратов необходимо проводить доклинические испытания для определения профиля токсичности, безопасности и целесообразности применения, исходя из потенциальной пользы по отношению к возможным рискам [7, 8].

Цель исследования состояла в определении параметров токсичности нового препарата на основе левофлоксацина при внутривентрикулярном и подкожном введении белым мышам.

Материалы и методы исследований. Для проведения опытов по определению острой токсичности препарата были использованы белые аутбредные мыши обоего пола разведения ФГБНУ «ВНИВИПФит». Подопытные животные содержались в стандартных условиях вивария (температура воздуха +18-23°C, относительная влажность 45-60%). Доступ к воде и корму был свободным. Все процедуры с животными, предусмотренные в исследовании, были предварительно рассмотрены и одобрены на заседании биоэтической комиссии ФГБНУ «ВНИВИПФит» до начала работы и соответствовали правилам, принятым в «Европейской конвенции о защите

позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях» (ETS 123, Страсбург, 1986).

В первой серии опытов токсичность препарата определяли при пероральном введении. С этой целью было сформировано 6 групп белых мышей по $n=8$ в каждой, которым вводили препарат однократно в дозе от 1000 мг/кг до 21000 мг/кг внутривентриально с помощью зонда. Объем препарата был одинаковым в каждой группе и составил 0,5 мл (максимально допустимый объем для перорального введения для животных массой 20-22 г). До необходимого объема препарат разводили вазелиновым маслом.

Во второй серии опытов препарат инъецировали подкожно. Для этого было сформировано 8 групп белых мышей (по $n=8$ в каждой) массой 23-25 г, которым вводили препарат однократно в дозе от 1000 мг/кг до 25500 мг/кг в объеме 1,0 мл. До необходимого объема препарат разводили вазелиновым маслом.

В течение первых суток после введения препарата осуществляли непрерывное наблюдение за животными. В дальнейшем на протяжении четырнадцати дней дважды в сутки оценивали состояние белых мышей. Отмечали изменения общего статуса, поведения, нервно-мышечных и вегетативных функций, шерстного покрова, а также потребления корма и воды. Особое внимание уделяли выявлению и оценке тяжести, продолжительности и времени выздоровления или гибели животных, проявляющих признаки токсикоза. Мышей, павших с признаками отравления препаратом, подвергали патологоанатомическому вскрытию. После завершения эксперимента проводили эвтаназию и аутопсию оставшихся животных. Внутренние органы подопытных животных фиксировали для проведения гистологического исследования.

Статистическую обработку полученных результатов проводили с использованием пробит-анализа по методу Прозоровского (нормальное распределение), с помощью пакета программ StatPlus (AnalystSoft).

Результаты исследований. В первой серии опытов не было достигнуто 100% летальности, поэтому значение LD_{50} при внутривентриальном введении не установлено. Максимальная переносимая доза, при которой не было выявлено явлений интоксикации у белых мышей, составила 5000 мг/кг. Признаки отравления проявлялись при введении препарата в дозировке, начиная с 9000 мг/кг. Отмечали заторможенность движений, вынужденное положение тела в пространстве, отказ от корма. Как правило, в течение первых двух суток после введения препарата симптоматика либо исчезала, либо наступала гибель животных. Стоит отметить, что в течение эксперимента не было установлено половых отличий на введение изучаемого препарата.

Так как LD_{50} при внутривентриальном введении превышает 5000 мг/кг, изучаемое лекарственное средство относится к IV классу опасности - малотоксичные вещества по ГОСТ 12.1.007-76 и к V классу токсичности - по классификации Hodge и Sterner [9] и GHS [10].

При патологоанатомическом вскрытии павших в первые сутки животных после перорального введения в желудке обнаруживали остаточные количества препарата. При этом слизистая органа не имела патологических изменений, отмечена кровенаполненность сосудов желудочно-кишечного тракта. При гибели животных в последующие сутки не было зафиксировано специфической картины интоксикации.

В результате проведения второй серии экспериментов были определены следующие параметры токсичности исследуемого препарата, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры токсичности исследуемого препарата для белых мышей

Показатель	Доза, мг/кг
LD_{10}	4313,57
LD_{16}	6250,70
LD_{50}	13126,57
Стандартная ошибка LD_{50}	1537,49
LCL LD_{50}	7655,99
UCL LD_{50}	18597,15
LD_{84}	20002,44
LD_{90}	21939,57
LD_{100}	23440,37

Как следует из представленных в таблице данных, доза, повлекшая летальность у половины подопытных белых мышей при подкожном введении, составила $13126,57 \pm 1537,49$ мг/кг. Максимальная переносимая доза, при которой животные не реагировали на введение, составила 4500 мг/кг. Симптомы отравления были отмечены в течение первых суток после введения препарата в дозе 8000 мг/кг: животные отказывались от воды и корма, были угнетены. В основном гибель подопытных мышей регистрировали в течение первых 24-48 часов после инъекции.

При подкожном введении у павших животных обнаруживали остаточные количества препарата в месте инъекции, при этом прилежащие ткани без патологических изменений. Упитанность животных была удовлетворительной, слизистые оболочки бледно-розовые, шерстный покров ровный, чистый. При аутопсии обнаружили умеренно-плотное физиологических размеров сердце; розовые легкие; равномерно окрашенную, не увеличенную с острыми краями печень; ровные и блестящие почки плотной консистенции с легко снимающейся капсулой, на разрезе хорошо выражена граница коркового и мозгового вещества; темного цвета, плотную, не увеличенную селезенку; кишечник без изменений, в толстом отделе сформированные каловые массы. Гистологическое исследование не выявило нарушений структурной организации внутренних органов после перорального и подкожного введения препарата.

Заключение. В ходе исследования на белых аутбредных мышах были определены параметры токсичности нового препарата на основе левофлоксацина. Установлено, что новое лекарственное средство по ГОСТ 12.1.007-76 относится к IV классу опасности - малоопасные вещества. Максимально переносимой дозой, которая не оказывает явного нежелательного эффекта, при однократном внутрижелудочном и подкожном введении можно считать 5000 мг/кг и 4500 мг/кг соответственно. При этом ЛД₅₀ для белых мышей при подкожной инъекции составила 13126,57±1537,49 мг/кг. Клиническая картина интоксикации у подопытных животных была сходной, а морфологическая картина при патологоанатомическом вскрытии однотипна. Гистологическими исследованиями не обнаружено нарушений структурной организации внутренних органов мышей, павших или выведенных из эксперимента после его завершения. Таким образом, доказана безопасность нового антимикробного препарата на основе левофлоксацина при однократном пероральном введении на аутбредных мышах обоего пола, что позволяет рекомендовать его для дальнейшего изучения.

Conclusion. The toxicity parameters of a new drug based on levofloxacin were determined in the course of study for white outbred mice. It was established that the new drug, belongs to hazard class IV – low-hazard substances according to GOST 12.1.007-76. The maximum tolerated dose which does not have an obvious adverse effect, with a single intragastric and subcutaneous administration can be considered 5000 mg/kg and 4500 mg/kg, respectively. At the same time, LD₅₀ for white mice with subcutaneous injection was 13126.57±1537.49 mg/kg. The clinical picture of intoxication in experimental animals was similar, and the morphological picture during the pathoanatomical autopsy was of the same type. Histological studies did not reveal any disturbances in the structural organization of the internal organs of mice that died or were withdrawn from the experiment after its completion. Thus, the safety of the new antimicrobial drug based on levofloxacin has been proven with a single oral administration in outbred mice of both sexes, which makes it possible to recommend the drug for further study.

Список литературы. 1. *Antibacterial and pharmacological evaluation of fluoroquinolones: a chemoinformatics approach* / D. Sood, N. Kumar, A. Singh [et al.] // *Genomics Inform.* – 2018. – Vol.16 (3). – P. 44–51. – doi: 10.5808/GI.2018.16.3.44 2. *The potential role of Fluoroquinolones in the management of Covid-19 a rapid review* / Zoheir A. Damanhour, Huda M. Alkreathy, Ahmed S. Ali, Shahid Karim // *J Adv Pharm Edu Res.* – 2021. – Vol.11 (1). – P. 128–134. – doi.org/10.51847/FE1iOIPtwD 3. Антропова, Г. А. Фармацевтическое информирование: фокус на фторхинолоны / Г. А. Антропова, Т. И. Оконенко // *Вестник НовГУ. Сер. Медицинские науки.* – 2021. – №3 (124). – С. 65–72. – DOI: doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3(124).65-72 4. Borrel, A. *Cheminformatics Analysis of Fluoroquinolones and their Inhibition Potency Against Four Pathogens* / A. Borrel, C. Melander, D. Fourches // *Molecular Informatics.* – 2021. – Vol. 40, №. 5. – P. 2000215. – doi.org/10.1002/minf.202000215. 5. *Quantitative structure–activity relationship methods in the discovery and development of antibacterials* / B. Suay-Garcia, J. I. Bueso-Bordils, A. Falcó [et al.] // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science.* – 2020. – Vol. 10, №. 6. – P. e1472. – doi.org/10.1002/wcms.1472 6. *Сравнительная характеристика токсических эффектов фторхинолонов* / О. И. Авдеева, М. Н. Макарова, В. Г. Макаров [и др.] // *Фармация.* – 2017. – Т. 7, №. 66. – С. 34–39. 7. Pauletto, M. *A Review on Fluoroquinolones' Toxicity to Freshwater Organisms and a Risk Assessment* / M. Pauletto, M. De Liguoro // *Journal of Xenobiotics.* – 2024. – Vol. 14, №. 2. – P. 717–752. – doi.org/10.3390/jox14020042 8. *Fluoroquinolones: old drugs, putative new toxicities* / C. Bove, R. A. Baldock, O. Champigneulle [et al.] // *Expert Opinion on Drug Safety.* – 2022. – Vol. 21, №. 11. – P. 1365–1378. – doi.org/10.1080/14740338.2022.2147924 9. Hodge, H. C. *Clinical Toxicology of Commercial Products. Acute Poisoning* / H. C. Hodge, R. E. Gosselin, R. P. Smith. – Ed. IV. – Baltimore, 1975. – 427 p. 10. *Globally Harmonised System of classification and labelling of chemicals (GHS).* – Fifth revised edition. – United Nations : New York and Geneva, 2013. – 530 p.

References. 1. *Antibacterial and pharmacological evaluation of fluoroquinolones: a chemoinformatics approach* / D. Sood, N. Kumar, A. Singh [et al.] // *Genomics Inform.* – 2018. – Vol.16 (3). – P. 44–51. – doi: 10.5808/GI.2018.16.3.44 2. *The potential role of Fluoroquinolones in the management of Covid-19 a rapid review* / Zoheir A. Damanhour, Huda M. Alkreathy, Ahmed S. Ali, Shahid Karim // *J Adv Pharm Edu Res.* – 2021. – Vol.11 (1). – P. 128–134. – doi.org/10.51847/FE1iOIPtwD 3. Antropova, G. A. *Farmaceuticheskoe informirovanie: fokus na fforhinolony* / G. A. Antropova, T. I. Okonenko // *Vestnik NovGU. Ser. Medicinskie nauki.* – 2021. – №3 (124). – S. 65–72. – DOI: doi.org/10.34680/2076-8052.2021.3(124).65-72 4. Borrel, A. *Cheminformatics Analysis of Fluoroquinolones and their Inhibition Potency Against Four Pathogens* / A. Borrel, C. Melander, D.

Fourches // *Molecular Informatics*. – 2021. – Vol. 40, №. 5. – P. 2000215. – doi.org/10.1002/minf.202000215. 5. Quantitative structure–activity relationship methods in the discovery and development of antibacterials / B. Suay-Garcia, J. I. Bueso-Bordils, A. Falcó [et al.] // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*. – 2020. – Vol. 10, №. 6. – P. e1472. – doi.org/10.1002/wcms.1472 6. Sravnitel'naya karakteristika toksicheskikh effektivov ftorhinolonov / O. I. Avdeeva, M. N. Makarova, V. G. Makarov [i dr.] // *Farmaciya*. – 2017. – T. 7, №. 66. – S. 34–39. 7. Pauletto, M. A Review on Fluoroquinolones' Toxicity to Freshwater Organisms and a Risk Assessment / M. Pauletto, M. De Liguoro // *Journal of Xenobiotics*. – 2024. – Vol. 14, №. 2. – P. 717–752. – doi.org/10.3390/jox14020042 8. Fluoroquinolones: old drugs, putative new toxicities / C. Bove, R. A. Baldock, O. Champigneulle [et al.] // *Expert Opinion on Drug Safety*. – 2022. – Vol. 21, №. 11. – P. 1365–1378. – doi.org/10.1080/14740338.2022.2147924 9. Hodge, N. S. *Clinical Toxicology of Commercial Products. Acute Poisoning* / N. S. Hodge, R. E. Gosselin, R. P. Smith. – Ed. IV. – Baltimore, 1975. – 427 p. 10. *Globally Harmonised System of classification and labelling of chemicals (GHS)*. – Fifth revised edition. – United Nations : New York and Geneva, 2013. – 530 p.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-13-17

УДК 636.5.034

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РОСТА ЯИЧНИКА У АУТОСЕКСНОГО ГИБРИДА ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА

Васютёнок В.И., Федотов Д.Н. ORCID ID 0000-0003-3366-8704

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*Целью исследования явилось определение закономерности роста и анатомической трансформации яичника у аутосексного гибрида японского перепела в постовариальном онтогенезе. При проведении научных исследований было использовано 8 возрастных групп – от суточного до 365-суточного возраста перепелов. У перепелов непарный левый яичник, который располагается в поясничной области грудобрюшной полости на короткой брыжейке и сверху прикрыт петлями кишечника, а своей дорсальной частью прилегает к переднему полюсу левой почки. К 155-суточному возрасту весовые и линейные параметры яичника достигают максимальных значений. **Ключевые слова:** перепела, гибрид, яичник, рост.*

AGE ATTRIBUTED PECULIARITIES OF THE ANATOMICAL STRUCTURE AND GROWTH OF THE OVARY IN AUTOSEX HYBRID OF JAPANESE QUAIL

Vasiutsionak V.I., Fiadotau D.N.

EE "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine", Vitebsk, Republic of Belarus

*The purpose of the study was to determine the patterns of growth and anatomical transformation of the ovary in the autosex hybrid of Japanese quail in post-ovarian ontogenesis. For the research, 8 age-grade groups of quails were used – from one day to 365 days of age. Quails have an unpaired left ovary, which is located in the lumbar region of the thoraco-abdominal cavity on a short mesentery, and from above it is covered by intestinal loops, and its dorsal part is adjacent to the anterior pole of the left kidney. By 155 days of age, the weight and linear parameters of the ovary reach their maximum values. **Keywords:** quail, hybrid, ovary, growth.*

Введение. Проблема обеспечения продовольственной безопасности имеет первостепенное значение для Республики Беларусь. Особое место в решении этой задачи принадлежит птицепродуктовому комплексу. В кризисной ситуации актуализируется проблема повышения эффективности производства яиц птицы и обеспечения устойчивого расширенного воспроизводства, интенсивного роста отрасли в промышленных масштабах. Проблема расширения ассортимента продуктов птицеводства должна решаться более широким использованием нетрадиционных видов птицы, одним перспективным из которых являются перепела. Перепел является скороспелым представителем, его яичная и мясная продукция обладает отличными диетическими качествами, гипоаллергенностью, экологической безопасностью и пользуется возрастающим спросом у потребителей.

Содержанием перепелов и получением от них продукции на птицефабриках в Республике Беларусь занимается ОАО «Солигорская птицефабрика», ОАО «Птицефабрика Городок», ОАО «1-я Минская птицефабрика». Эффективная селекционная работа в промышленном перепеловодстве на современном этапе его развития невозможна без комплексного использования в нем анатомических и гистологических методов исследования органов репродуктивной системы [2]. Профилактика болезней с повышением яичной продуктивности перепелов будет недостаточной без разработки научно обоснованной системы знания возрастной морфологической нормы их яичников.

Изучение закономерностей возрастных перестроек органов репродуктивной системы птиц является актуальной проблемой в современной морфологии, так как оно позволяет предотвратить возможные отклонения в их развитии, нарушение яйцекладки, а также выявить возможные пути профилактики и лечения. Для повышения яичной продуктивности разработки современных эффективных методов воздействия на продуктивные качества перепелов, необходимо глубокое и всестороннее изучение возрастной морфологии яичников.

Цель исследований – определить возрастные особенности анатомического строения и роста яичника у аутосексного гибрида японского перепела.

Материалы и методы исследований. Морфологический материал отбирался от аутосексного гибрида японского перепела, выращиваемого в условиях ОАО «Солигорская птицефабрика». Для изучения возрастной перестройки яичника было использовано 8 возрастных групп – от суточного до 365-суточного возраста перепелов.



Рисунок 1 – Аутосексный гибрид японского перепела 25-суточного возраста

Линейные размеры яичника измеряли с помощью штангенциркуля «ШЦЦ ЕРМАК» с цифровым отсчетным устройством (значение отсчета по нониусу – 0,01 мм, класс точности – 1). Абсолютную массу яичника и яйца измеряли на электронных портативных весах Scout Pro модели SP402, производства фирмы OHAUS с дискретностью 0,01 г.

Макрофотографирование исследуемых объектов проводили при помощи цифрового фотоаппарата Lumix, производства Panasonic, модели DMC – FX12 (с функцией для макроскопического или анатомического фото).

При описании топографии и морфологических особенностей яичника использовали стандартную учебную и методическую литературу [1, 3, 4, 5, 6, 7].

Все цифровые данные, полученные при проведении исследований, были обработаны статистически с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследований. В результате проведенных исследований установлено, что у перепелок – непарный левый яичник, который располагается в поясничной области грудобрюшной полости на короткой брыжейке и сверху прикрыт петлями кишечника, а своей дорсальной частью прилегает к переднему полюсу левой почки.

У 15-суточных особей яичник слабо складчатый и имеет небольшую бугристость. У 25-суточной птицы в яичнике проявляется хорошо выраженная складчатость. У 45-суточных особей, после снесения первого яйца, масса которого составляет $10,24 \pm 0,82$ г, яичник приобретает гроздевидную форму за счет увеличения объемов мелких и средних фолликулов, что указывает на период их интенсивного роста. В 60-суточном возрасте, как и в предыдущем 45-суточном, на поверхности яичника располагаются большие фолликулы или желтки. Мелкие фолликулы серо-розового цвета, средние и крупные – до ярко-желтого цвета, свешиваются в грудобрюшную полость на тонкой ножке.

Таблица 1 – Весовые показатели яичника и яйца перепелов

Возраст, сут.	Абсолютная масса, г			Масса яйца, г
	яичник	остаток яичника	желтожелточные фолликулы	
1	0,002±0,0001	—	—	—
15	0,04±0,017 ***	—	—	—
25	0,096±0,002 ***	—	—	—
45	5,48±0,06 ***	0,91±0,003	4,57±0,18	10,24±0,82
60	7,03±0,17 *	0,65±0,03 *	6,38±0,24 *	10,59±0,12
100	8,85±0,24	0,66±0,02	8,19±0,43	11,01±0,36
155	10,49±0,72	0,76±0,03	9,73±0,21	10,53±0,23
365	7,18±0,31 *	0,64±0,04	6,54±0,28*	10,44±0,39

Примечания: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ – по отношению к предыдущему возрасту.

У суточных перепелов абсолютная масса яичника – 0,002±0,0001 г. К 15-суточному возрасту абсолютная масса яичника увеличивается в 20 раз ($p < 0,001$) до 0,04±0,017 г. Линейные параметры яичника в суточном возрасте составляют: длина – 0,17±0,12 см, ширина – 0,09±0,01 см, толщина – 0,11±0,03 см. К 15-суточному возрасту длина яичника увеличивается в 5,24 раза ($p < 0,001$) и равна 0,89±0,45 см, а ширина – в 3,78 раза ($p < 0,001$) и толщина – в 2,82 раза ($p < 0,001$).

Полученные результаты указывают, что за первые 15 суток после вылупления для яичника перепела характерно быстрое его формирование с высокой скоростью роста.

У 25-суточных перепелов продолжается дальнейшая анатомическая трансформация яичника и его абсолютная масса увеличивается в 2,4 раза ($p < 0,001$), длина – в 1,29 раза ($p < 0,05$), ширина – в 1,71 раза ($p < 0,01$) и толщина – в 1,27 раза. Настоящие данные указывают, что с 15 по 25-е сутки интенсивность ростовых процессов яичника снижается.

К 45-суточному возрасту абсолютная масса яичника формируется из остатка яичника и желтожелточных фолликулов, которые проявляются в этом возрасте. Так, остаток яичника составляет 0,91±0,003 г, желтожелточные фолликулы – 4,57±0,18 г, а сам яичник – 5,48±0,06 г. Полученные данные свидетельствуют о том, что к половому созреванию (моменту снесения первого яйца) абсолютная масса яичника увеличивается в 57 раз ($p < 0,001$) по сравнению с 25-суточными особями. Данный интенсивный рост и трансформация яичника указывает на наличие дефинитивного органа. Линейные показатели яичника в 45-суточном возрасте составляют: длина – 1,79±0,54 см, ширина – 1,06±0,33 см, толщина – 1,03±0,11 см. Длина яичника (без желтожелточных фолликулов) увеличивается в 1,56 раза ($p < 0,05$), ширина – в 1,83 раза ($p < 0,01$), а толщина – в 2,19 раза ($p < 0,001$) по сравнению с предыдущим возрастным периодом. К 60-суточному возрасту абсолютная масса яичника увеличивается в 1,39 раза ($p < 0,05$) до 7,61±0,17 г. При этом, остаток яичника уменьшается в 1,4 раза ($p < 0,05$) за счет увеличения массы желтожелточных фолликулов в 1,04 раза ($p < 0,05$). Масса снесенного яйца в данной возрастной группе равна 10,59±0,12 г. Длина и ширина яичника у 60-суточной птицы увеличивается в 1,3 раза ($p < 0,05$), а толщина – в 1,13 раза.

Таблица 2 – Линейные показатели яичника перепелов

Возраст, сут.	Линейные показатели яичника, см		
	длина	ширина	толщина
1	0,17±0,12	0,09±0,01	0,11±0,03
15	0,89±0,45 ***	0,34±0,25 ***	0,31±0,02 ***
25	1,15±0,11 *	0,58±0,43 **	0,47±0,31
45	1,79±0,54 *	1,06±0,33 **	1,03±0,11 ***
60	2,33±0,43 *	1,38±0,26 *	1,16±0,16
100	2,76±0,51	1,81±0,43 *	1,58±0,19 *
155	3,24±0,66	1,97±0,28	2,04±0,43 *
365	3,26±0,47	1,24±0,32 **	1,14±0,13 **

Примечания: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$ – по отношению к предыдущему возрасту.

У 100-суточных перепелов наблюдаются закономерности замедленного роста яичника. Так, абсолютная масса органа к 100-суточному возрасту увеличивается в 1,09 раза, остатка яичника – в 1,02 раза, а желтожелточных фолликулов – в 1,26 раза ($p < 0,05$). Масса снесенного яйца в данном возрасте увеличивается незначительно в 1,04 раза и составляет 11,01±0,36 г. Длина яичника увеличивается в 1,18 раза, ширина – в 1,31 раза ($p < 0,05$), толщина – в 1,36 раза ($p < 0,05$).

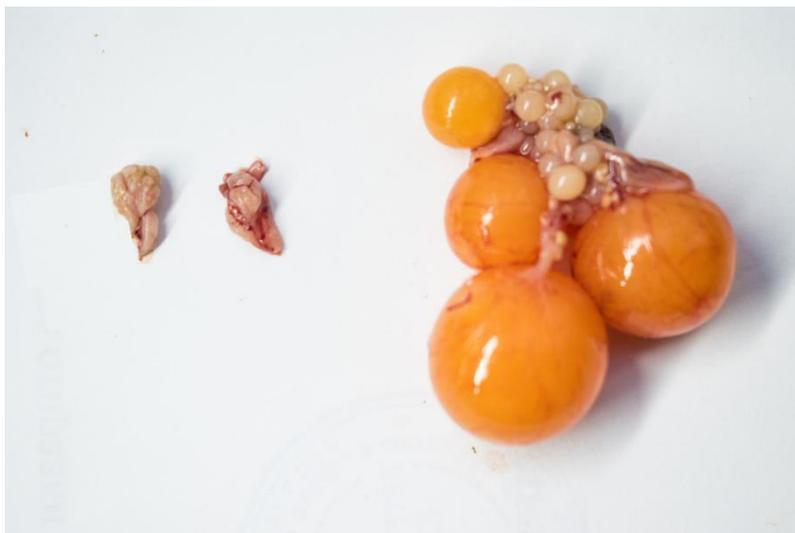


Рисунок 2 – Формообразование яичника у аутосексного гибрида японского перепела

К 155-суточному возрасту (в период интенсивной яйцекладки) абсолютная масса яичника из всех исследуемых возрастных групп максимальная и составляет $10,49 \pm 0,72$ г, показатели ширины и толщины являются также максимальными – $1,97 \pm 0,28$ см и $2,04 \pm 0,43$ см соответственно. В настоящей возрастной группе остаток яичника увеличивается в 1,15 раза, а желтожелточные фолликулы – в 1,19 раза до $9,73 \pm 0,21$ г. Масса внесенного яйца составляет $10,53 \pm 0,23$ г. Длина органа увеличивается в 1,17 раз, ширина – в 1,09 раза, а толщина – в 1,29 раза ($p < 0,05$).

У 365-суточных перепелов наблюдается период нарастания инвалютивных процессов, которые сопровождаются отрицательной динамикой ростовых процессов. Так, абсолютная масса яичника уменьшается в 1,46 раза ($p < 0,05$), остаток яичника – в 1,19 раза, а желтожелточных фолликулов – в 1,49 раза ($p < 0,05$). Масса внесенного яйца – самая минимальная с момента снесения первого яйца и составляет $10,44 \pm 0,39$ г. Длина яичника не значительно увеличилась до $3,26 \pm 0,47$ см, однако значительно уменьшилась ширина – в 1,59 раза ($p < 0,01$) и толщина – в 1,79 раза ($p < 0,01$).

Заключение. Таким образом, у аутосексного гибрида японского перепела непарный левый яичник, расположенный в поясничной области грудобрюшной полости, на короткой брыжейке и сверху прикрыт петлями кишечника, а своей дорсальной частью прилегает к переднему полюсу левой почки. К 25-суточному возрасту на поверхности органа проявляется хорошо выраженная складчатость. У 45-суточных особей яичник приобретает гроздевидную форму за счет увеличения объемов мелких и средних фолликулов, что указывает на период их интенсивного роста. В последующие возрастные периоды на поверхности яичника располагаются большие желтожелточные фолликулы. К 15-суточному возрасту абсолютная масса яичника увеличивается в 20 раз. К моменту снесения первого яйца (45 суток) абсолютная масса яичника увеличивается в 57 раз, что указывает на интенсивный рост, трансформацию органа и его дефинитивное строение.

Conclusion. Thus, in the autosex hybrid of Japanese quail, the unpaired left ovary is located in the lumbar region of the thoraco-abdominal cavity on a short mesentery and from above it is covered by intestinal loops, and its dorsal part is adjacent to the anterior pole of the left kidney. By 25 days of age, well-defined folding appears on the surface of the organ. In 45-day-old individuals, the ovary acquires a grapelike shape due to an increase in the volume of small and medium follicles, which indicates a period of intensive growth. In subsequent age periods, large yellow-yolk follicles are located on the surface of the ovary. By 15 days of age, the absolute weight of the ovary increases 20 times. By the time the first egg is laid (45 days), the absolute weight of the ovary increases 57 times, which indicates intensive growth, transformation of the organ and its definitive structure.

Список литературы. 1. Барсуков, В. Ю. Гистология : учебное пособие / В. Ю. Барсуков. – Саратов : Научная книга, 2012. – 161 с. 2. Основы перепеловодства и повышения яйценоскости птицы : монография / Х. Б. Юнусов, Д. Н. Федотов, В. И. Васютенок [и др.]. – Ташкент : Fan ziyosi, 2022. – 136 с. 3. Федотов, Д. Н. Цитология. Эмбриология. Гистология : учебник для студентов по специальностям «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная диагностика и лабораторное дело», «Ветеринарно-санитарная экспертиза» и «Ветеринарная фармация» / Д. Н. Федотов, Х. Б. Юнусов, Н. Б. Дилмуродов. – Ташкент : Fan ziyosi, 2022. – 468 с. 4. Федотов, Д. Н. Частная гистология домашних животных : учебник для студентов по специальности «Ветеринарная медицина» / Д. Н. Федотов, Х. Б. Юнусов, Н. Б. Дилмуродов. – Ташкент : Fan ziyosi, 2023. – 288 с. 5. Cui, D. Atlas of histology : with functional and clinical

correlations / D. Cui. – 1st ed. – Baltimore : Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 456 p. 6. Mills, S. E. Histology for Pathologists / S. E. Mills. – 3rd ed. – Lippincott Williams & Wilkins, 2007. – 1236 p. 7. Junqueira, L.C. Basic histology: text & atlas (eleventh edition) / L.C. Junqueira, J. Carneiro. – New York: McGraw-Hill, 2005. – 502 p.

References. 1. Barsukov, V. YU. Gistologiya : uchebnoe posobie / V. YU. Barsukov. – Saratov : Nauchnaya kniga, 2012. – 161 c. 2. Osnovy perepeltovodstva i povysheniya yajcenostki pticy : monografiya / H. B. YUnusov, D. N. Fedotov, V. I. Vasyutenok [i dr.]. – Tashkent : Fan ziyosi, 2022. – 136 s. 3. Fedotov, D. N. Citologiya. Embriologiya. Gistologiya : uchebnik dlya studentov po special'nostyam «Veterinarnaya medicina», «Veterinarnaya diagnostika i laboratornoe delo», «Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza» i «Veterinarnaya farmaciya» / D. N. Fedotov, H. B. YUnusov, N. B. Dilmurodov. – Tashkent : Fan ziyosi, 2022. – 468 s. 4. Fedotov, D. N. CHastnaya gistologiya domashnih zhivotnyh : uchebnik dlya studentov po special'nosti «Veterinarnaya medicina» / D. N. Fedotov, H. B. YUnusov, N. B. Dilmurodov. – Tashkent : Fan ziyosi, 2023. – 288 s. 5. Cui, D. Atlas of histology : with functional and clinical correlations / D. Cui. – 1st ed. – Baltimore : Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 456 p. 6. Mills, S. E. Histology for Pathologists / S. E. Mills. – 3rd ed. – Lippincott Williams & Wilkins, 2007. – 1236 p. 7. Junqueira, L.C. Basic histology: text & atlas (eleventh edition) / L.C. Junqueira, J. Carneiro. – New York: McGraw-Hill, 2005. – 502 p.

Поступила в редакцию 16.09.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-17-22

УДК 619:616.99-036.22:636(470.45)

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕТЕРИНАРНЫХ ФИТОПРЕПАРАТОВ

Емельянов М.А.

РУП «Опытная научная станция по птицеводству», г. Заславль, Республика Беларусь

*В статье приведены данные по токсикологической оценке комплексных фитопрепаратов, обладающих противоземриозными свойствами «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс» на лабораторных животных – мышах и крысах. Среднесмертельная доза (ЛД₅₀) препарата «Фитококцидин» для белых лабораторных мышей и крыс составила более 10000 мг/кг м.т.ж., а препарата «Кокцилин В плюс» для белых лабораторных мышей - 29000 мг/кг м.т.ж., для крыс - 33751,1 мг/кг м.т.ж. Согласно ГОСТ 12.1.007-76) препараты «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс» могут быть отнесены к IV классу, т.е. малоопасные вещества (ЛД₅₀ более 5000 мг/кг ж.м.), не обладают кумулятивными свойствами. **Ключевые слова:** фитопрепараты, ветеринарные препараты «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс», острая и хроническая токсичность, белые мыши и крысы.*

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF VETERINARY PHYTOPREPARATIONS

Emelyanov M.A.

RUE “Experimental Research Station for Poultry Farming”, Zaslavl, Republic of Belarus

*The article presents data on toxicological assessment of complex herbal preparations Phytococcidin and Coccilin V Plus possessing anti-eimeriotic properties, used for laboratory animals – mice and rats. The median lethal dose (LD₅₀) of the preparation Phytococcidin for white laboratory mice and rats is more than 10,000 mg / kg b.w.; the preparation Coccilin V Plus for white laboratory mice – 29,000 mg / kg b.w., for rats – 33751.1 mg / kg b.w. According to the GOST 12.1.007-76, the preparations Phytococcidin and Coccilin V Plus can be ranged as class IV, i.e. low-hazard substances (LD₅₀ more than 5000 mg / kg b.w.), do not have cumulative effects. **Keywords:** herbal preparations, veterinary preparations Phytococcidin and Coccilin V Plus, acute and chronic toxicity, white mice and rats.*

Введение. При наполном содержании птицы и при высокой плотности посадки, эймериоз причиняет значительный экономический ущерб. Одной из проблем при данном заболевании является диарея, которая обуславливает ухудшение состояния подстилочного материала, а при большой скученности и чрезмерном выделении влаги это ведет к появлению термических и химических ожогов грудки и лап, снижается количество тушек первой и второй категории и увеличивается процент технического утиля. Пораженные тушки при забое отправляют на разделку, а лапы, которые на сегодняшний день активно экспортируются в Китай, идут в утиль. С другой стороны, потребляемый корм не усваивается и проходит транзитом превращаясь в мокрую подстилку. При этом летальность птицы может достигать до 80% [3, 8].

В современном птицеводстве широкое применение нашли химиотерапевтические противоземриозные препараты. Но основной недостаток этих препаратов в том, что они имеют возможность оставаться в мясе, что определяет время предубойной выдержки до 5-7 дней и приводит к потере привесов в предубойные дни. Все это приводит к значительным денежным потерям от недополученных привесов, а они самые большие в этот период. И второй немаловажный момент – это высокая цена таких препаратов. Напротив, фитопрепараты не имеют побочных явлений, могут задаваться до самого убоя, оставаясь безвредными при употреблении в

пищу и обладая безопасностью, физиологичностью, экономичностью для применения в птицеводстве, увеличивая конверсию кормов [1, 2, 4].

При разработке фитопрепаратов основное внимание уделяется выбору лекарственного растительного сырья, оказывающего соответствующее фармакологическое действие на эймерий. Следовательно, как минимум одно действующее вещество растения из состава препаратов должно губительно влиять на эймерий. Важно, чтобы противоэймериозный эффект усиливался другими растительными компонентами препаратов, обладая синергизмом с последними. Правильный подбор растительных компонентов препаратов улучшает поедаемость кормов и способствует их лучшему усвоению. Так как эймерии локализируются в желудочно-кишечном тракте, а он заселен большим количеством полезной микрофлоры, следовательно, при разработке препаратов уделялось особое внимание стимуляции роста полезной микрофлоры кишечника, что с одной стороны не убивает полезную микрофлору кишечника, а с другой стороны saniрует желудочно-кишечный тракт и способствует нормальной работе кишечника. Следовательно, это ведет к улучшению пищеварения и лучшему перевариванию кормов. Еще один немаловажный аспект при создании растительных препаратов – это регенерирующая способность (заживление слизистой оболочки), а это связано с находящимся в растительном сырье большим количеством биологически активных веществ и витаминов. Следовательно, именно вышеперечисленные эффекты были положены в основу разработки составов противопаразитарных комплексных фитопрепаратов [5, 7].

Следовательно, разработка комплексных фитопрепаратов, обладающих противоэймериозными свойствами, является актуальной проблемой для промышленного птицеводства.

Цель исследований. Изучение токсикологических свойств фитопрепаратов «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс», относящихся к противоэймериозным лекарственным препаратам.

Материалы и методы исследований. Для проведения опыта по изучению острой токсичности комплексных растительных препаратов «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс» были сформированы группы белых мышей и крыс. Мыши массой 19-21 грамм, а крысы массой 190-210 грамм. Подопытные животные ранее не подвергались токсическому воздействию и содержались в условиях вивария УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» на стандартном рационе. В ходе исследований животные содержались в индивидуальных поликарбонатных клетках в отдельном помещении. По истечении карантинного режима животных осматривали, проводили оценку состояния организма и распределяли по группам «опыт» и «контроль».

Исследуемый препарат «Фитококцидин» вводили внутривентриально с помощью стеклянного инсулинового шприца с обрезанной и отшлифованной инъекционной иглой после 12-часовой голодной выдержки, в 25% растворе фитопрепарата, в следующих дозах: 1 группе - 0,8 мл препарата (10000 мг/кг м.т.ж.), 2 группе - 0,6 мл препарата (7500 мг/ кг м.т.ж.), 3 группе - 0,4 мл препарата (5000 мг/кг м.т.ж.), 4 группе - 0,2 мл препарата (2500 мг/кг м.т.ж.), 5 группе (контрольная) – 0,8 мл воды очищенной. При изучении токсичности на крысах они были разделены на 4 опытных и 1 контрольную группы, по 6 крыс в каждой. Исследуемый препарат «Фитококцидин» вводили внутривентриально с помощью стеклянного шприца с обрезанной и отшлифованной инъекционной иглой после 12-часовой голодной выдержки, в 25% растворе, в следующих дозах: 1 группе – 8 мл препарата (10000 мг/кг м.т.ж.), 2 группе – 6 мл препарата (7500 мг/ кг м.т.ж.), 3 группе – 4 мл препарата (5000 мг/кг м.т.ж.), 4 группе – 2 мл препарата (2500 мг/кг м.т.ж.), 5 группе (контрольная) - 8 мл воды очищенной. Наблюдение за подопытными мышами и крысами проводили в течение 14 суток.

Хроническую токсичность ветеринарного препарата «Фитококцидин» изучали на 40 половозрелых белых нелинейных мышах. Подопытные мыши также ранее не подвергались токсическому воздействию. Для проведения эксперимента были сформированы 4 группы белых мышей (3 опытных и 1 контрольная) с массой 20-25 г, по 10 животных в каждой. Исследуемый препарат вводили внутривентриально после 12-часовой голодной выдержки. После определения LD₅₀ в остром опыте были установлены дозы для хронического эксперимента.

Мышам первой опытной группы внутривентриально ежедневно вводили 1/10 ЛД₅₀ 1000 мг/кг м.т.ж. по препарату, в 12,5% растворе с водой в объеме 0,16 мл.

Мышам второй опытной группы внутривентриально ежедневно с водой вводили 1/20 ЛД₅₀ 500 мг/кг м.т.ж. по препарату, в 6,25% растворе с водой в объеме 0,16 мл.

Мышам третьей опытной группы ежедневно внутривентриально с водой вводили 1/50 от дозы LD₅₀, т.е. 250 мг/кг м.т.ж. по препарату, в 3,125% растворе с водой в объеме 0,13 мл.

Мышам четвертой контрольной группы ежедневно внутривентриально вводили 0,5 см³ воды очищенной. Введение препаратов и наблюдение за подопытными мышами вели в течение 10 дней.

При проведении эксперимента по определению острой токсичности белые мыши были разделены на 4 опытных и 1 контрольную группы. Исследуемый препарат «Кокцилин В плюс»

вводили внутривенно с помощью стеклянного инсулинового шприца с обрезанной и отшлифованной инъекционной иглой после 12-часовой голодной выдержки в следующих дозах: 1 группе – 0,8 мл препарата (40000 мг/кг м.т.ж.), 2 группе - 0,6 мл препарата (30000 мг/ кг м.т.ж.), 3 группе – 0,4 мл препарата (20000 мг/кг м.т.ж.), 4 группе - 0,2 мл препарата (10000 мг/кг м.т.ж.), 5 группе (контрольная) - 0,8 мл воды очищенной. Наблюдение за подопытными мышами проводили в течение 14 суток.

При изучении токсичности на крысах они были разделены на 4 опытных и 1 контрольную группы, по 6 крыс в каждой. Исследуемый препарат «Кокцилин В плюс» вводили внутривенно с помощью стеклянного шприца с обрезанной и отшлифованной инъекционной иглой после 12-часовой голодной выдержки в следующих дозах: 1 группе - 8 мл препарата (40000 мг/кг м.т.ж.), 2 группе - 6 мл препарата (30000 мг/ кг м.т.ж.), 3 группе - 4 мл препарата (20000 мг/кг м.т.ж.), 4 группе - 2 мл препарата (10000 мг/кг м.т.ж.), 5 группе (контрольная) - 8 мл воды очищенной. Наблюдение за подопытными крысами проводили в течение 14 суток.

Хроническую токсичность ветеринарного препарата «Кокцилин В плюс» изучали на 40 половозрелых белых нелинейных мышах с массой 20-25 г, по 10 животных в каждой. Исследуемый препарат вводили внутривенно после 12-часовой голодной выдержки. После определения LD₅₀ в остром опыте были установлены дозы для хронического эксперимента.

Для проведения эксперимента по установлению хронической токсичности были сформированы 4 группы белых мышей с массой 20-25 г, по 10 животных в каждой.

Мышам первой опытной группы внутривенно ежедневно вводили 1/10 ЛД₅₀ 2900 мг/кг м.т.ж., в форме 25% раствора в объеме 0,23 мл.

Мышам второй опытной группы внутривенно ежедневно с водой вводили 1/20 ЛД₅₀ 1450 мг/кг м.т.ж., в форме 12,5% раствора в объеме 0,23 мл.

Мышам третьей опытной группы ежедневно внутривенно с водой вводили 1/50 ЛД₅₀ 580 мг/кг м.т.ж., в форме 6,25% раствора в объеме 0,18 мл.

Мышам четвертой контрольной группы ежедневно внутривенно вводили 0,6 см³ воды очищенной. Введение препаратов и наблюдение за подопытными мышами вели в течение 10 дней.

Статистическую обработку проводили с помощью редактора Microsoft Excel.

Результаты исследований. Во время проведения эксперимента по изучению острой токсичности фитопрепарата «Фитококцидин» на лабораторных животных за период наблюдения в первые часы опыта у животных всех опытных групп мышей и крыс отмечалось незначительное общее угнетение, понижение двигательной активности и ослабление реакции на раздражители. Корм и воду животные принимали активно. В течение первых 12 часов у животных нормализовалось общее состояние, животные были подвижны, хорошо реагировали на раздражители, корм и воду принимали охотно в течение всего эксперимента. Мыши контрольной группы были подвижны, хорошо реагировали на раздражители, корм и воду принимали охотно в течение всего эксперимента. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изучение острой токсичности ветеринарного препарата «Фитококцидин»

№ группы	Доза препарата, мг/кг	Кол-во живых мышей	Количество павших мышей
1 группа мышей	10000	10	0
2 группа мышей	7500	10	0
3 группа мышей	5000	10	0
4 группа мышей	2500	10	0
Контроль мышей	-	10	0
1 группа крыс	10000	6	0
2 группа крыс	7500	6	0
3 группа крыс	5000	6	0
4 группа крыс	2500	6	0
Контроль крыс	-	6	0

Во время проведения эксперимента по изучению хронической токсичности, фитопрепарата «Фитококцидин» было установлено, что гибели в опытных группах у животных не наступало. Животные после введения препарата были активны и подвижны, корм и воду принимали активно. На 3-и сутки эксперимента отмечался незначительный отвес в группах, что, по нашему мнению, связано с введением препарата, как в опытных, так и в контрольной группе. К концу эксперимента эта тенденция прекратилась и отвеса практически не наблюдалось. По полученным результатам установлено, что разработанная комбинация ветеринарного фитопрепарата не обладает кумулятивными свойствами, в опыте не выявлено отдаленных последствий применения препарата на организм животных. Динамика изменения веса в группах представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика изменения массы тела подопытных белых мышей в хроническом опыте в группах

№	Масса животных в группе, г	1-е сутки	5-е сутки	10-е сутки
1	1-я опытная группа	24,07±0,38	23,24±0,15	24,27±0,22
2	2-я опытная группа	24,47±0,18	23,37±0,15	23,7±0,27
3	3-я опытная группа	24,31±0,23	23,32±0,25	24,34±0,22
4	контроль	23,81±0,40	23,46±0,21	23,75±0,21

При макроскопическом исследовании внутренних органов у мышей и крыс патологоанатомических изменений обнаружено не было: внутренние органы брюшной полости нормального размера, формы и топографического расположения, без признаков отека, раздражения и кровоизлияний.

В конце опыта проводили вскрытия трупов вынужденно убитых животных (по 3 из каждой группы), изменений в группах опыта и контроля не наблюдалось. При вскрытии вынужденно убитых мышей и крыс (по три из 1 группы и группы контроля) установили: у крыс и мышей видимых морфологических изменений в тканях легких, сердца, печени и почек не обнаружено. Паренхиматозные органы обычной консистенции, на разрезе имели обычное строение. Желудок и кишечник содержал остатки корма.

Данные по проведению эксперимента по изучению острой токсичности ветеринарного препарата «Кокцилин В плюс» представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет острой токсичности ветеринарного препарата «Кокцилин В плюс» на мышах

№ группы	Доза препарата, мг/кг	Кол-во живых мышей	Количество павших мышей	Z	d	zd
1 группа	40000	10	10	-	-	-
2 группа	30000	10	4	7	10000	70000
3 группа	20000	10	2	3	10000	30000
4 группа	10000	10	0	1	10000	10000
контроль	-	10	0	-	-	-

Так, за период наблюдения в первой подопытной группе мышей погибли все животные (100%). Гибель отмечалась в течение 45-60 минут после введения препарата. Клинические признаки отравления характеризовались угнетением, тахипноэ. Смерть мышей наступала от асфиксии в момент наступления судорог.

Во второй подопытной группе погибло 4 белых мыши (40%). Падеж мышей в группе наблюдался в течение первых 3 часов эксперимента. Клинические признаки отравления характеризовались угнетением, частым поверхностным дыханием. У мышей наблюдались судороги и в последующем смерть. Мыши, оставшиеся в живых в течение суток, были угнетены, неохотно принимали корм и воду.

В третьей подопытной группе погибло 2 белых мыши (20%). Падеж мышей в группе наблюдался в течение первых 8 часов опыта. Клинические признаки отравления характеризовались угнетением, частым поверхностным дыханием. У мышей также наблюдались судороги и смерть. Мыши, оставшиеся в живых в течение суток, были угнетены, неохотно принимали корм и воду.

В четвертой подопытной группе гибели животных не отмечено. Животные после введения препарата не проявляли видимых клинических признаков отравления.

При вскрытии трупов павших животных отмечались застойные явления в органах брюшной полости, дистрофические процессы в паренхиматозных органах и миокарде, цианоз слизистых и кожи.

Мыши контрольной группы хорошо принимали корм и воду, реагировали на внешние раздражители. Летальности животных в этой группе не отмечалось.

Расчет среднесмертельной дозы проводили по методу Кербера.

На основании полученных данных было установлено, что ЛД₅₀ препарата ветеринарного «Кокцилин В плюс» для мышей составляет 29000 мг/кг м.т.ж.

В эксперименте на крысах при определении острой токсичности (данные представлены в таблице 4) было установлено, что за период наблюдения в первой подопытной группе погибли 4 крысы. Гибель отмечалась в течение 60-70 минут после введения препарата. Клинические признаки отравления характеризовались угнетением, тахипноэ. Смерть крыс наступала от асфиксии в момент наступления судорог. Оставшиеся в живых крысы были угнетены в течение 12 часов после введения препарата. Корм и воду принимали неохотно.

Во второй подопытной группе погибло 2 крысы. Падеж животных в группе наблюдался в течение первых 3-4 часов эксперимента. Клинические признаки отравления характеризовались угнетением, частым поверхностным дыханием, отказом от корма и воды. У крыс наблюдались судороги и в последующем смерть. Животные, оставшиеся в живых в течение 6 часов, были угнетены, неохотно принимали корм и воду.

В третьей подопытной группе погибла 1 крыса. Падеж в группе наблюдался в течение первых 8 часов опыта. Клинические признаки отравления характеризовались незначительным угнетением, частота дыхания была несколько увеличена. Крысы, оставшиеся в живых в течение 2-3 часов, были угнетены, неохотно принимали корм и воду.

В четвертой подопытной группе гибели животных не отмечено. Животные после введения препарата не проявляли видимых клинических признаков отравления.

Таблица 4 – Расчет острой токсичности ветеринарного препарата «Кокцилин В плюс» на крысах

№ группы	Доза препарата, мг/кг	Погибло/выжило	Накопленные частоты	Процент смертности
1 группа	40000	4/2	7/2	77,77
2 группа	30000	2/4	3/6	33,33
3 группа	20000	1/5	1/11	8,33
4 группа	10000	0/0	0/0	0
контроль	-	0/0	0/0	0

В конце опытов при вскрытии вынужденно убитых животных (по три из 1 группы и группы контроля) установили: у крыс и мышей обнаружена гиперемия видимых слизистых оболочек желудка и тонкого кишечника, видимых морфологических изменений в тканях легких, сердца, печени и почек не обнаружено. Паренхиматозные органы обычной консистенции, на разрезе имели обычное строение. Желудок и кишечник содержал остатки корма. Внутренние органы брюшной полости нормального размера, формы и топографического расположения, без признаков отека, раздражения и кровоизлияний.

Расчет среднесмертельной дозы проводили по методу Беренса без построения графика.

На основании полученных данных было установлено, что ЛД₅₀ препарата ветеринарного «Кокцилин В плюс» для крыс составляет 33751,1 мг/кг м.т.ж.

В результате хронического опыта было установлено, что гибели в опытных группах у животных не наступало. Животные после введения препарата были активны и подвижны, корм и воду принимали активно. На 5-е сутки эксперимента отмечался незначительный отвес в группах, что, по нашему мнению, связано с введением препарата, как в опытных, так и в контрольной группе. К концу эксперимента эта тенденция прекратилась и отвеса практически не наблюдалось (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика изменения массы тела подопытных белых мышей в хроническом опыте в группах

№	Масса животных в группе, г	1 сутки	5 сутки	10 сутки
1	1-я опытная группа	24,25±0,42	23,75±0,96	24,28±1,77
2	2-я опытная группа	24,51±0,33	23,86±0,74	24,7±0,83
3	3-я опытная группа	24,38±0,45	23,36±0,91	24,42±0,63
4	контроль	23,81±0,40	23,46±0,21	23,75±0,21

При вскрытии трупов вынужденно убитых животных (по 3 из каждой группы) изменений в группах опыта и контроля не наблюдалось.

При макроскопическом исследовании внутренних органов у мышей патологоанатомических изменений обнаружено не было: внутренние органы брюшной полости нормального размера, формы и топографического расположения, без признаков отека, раздражения и кровоизлияний.

Заключение.

1. Среднесмертельная доза (ЛД₅₀) препарата «Фитококцидин» для мышей и крыс составляет более 10000 мг/кг м.т.ж., а ЛД₅₀ препарата «Кокцилин В плюс» для мышей составляет более 29000 мг/кг м.т.ж., для крыс - 33751,1 мг/кг м.т.ж.

2. При изучении хронической токсичности препаратов «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс» установлено, что препараты при внутрижелудочном введении в выбранных дозах не обладают кумулятивными свойствами, в опыте не выявлено отдаленных последствий применения препаратов на организм мышей.

3. Следовательно, согласно классификации химических веществ по степени опасности (ГОСТ 12.1.007-76) препараты «Фитококцидин» и «Кокцилин В плюс» могут быть отнесены к IV классу, т.е. малоопасные вещества (LD50 более 5000 мг/кг ж.м.).

Conclusion.

The median lethal dose (LD50) of the drug Fitococcidin for mice and rats is more than 10,000 mg/kg b.w., and the LD50 of the drug Coccilin B Plus for mice is more than 29,000 mg/kg b.w., for rats – 33751.1 mg/kg b.w.

2. When studying the chronic toxicity of the drugs Fitococcidin and Coccilin B Plus, it was established that the drugs, when administered intragastrically in the selected doses, do not have cumulative effect; the experiment did not reveal the long-term effect of the use of the drugs on the body of mice.

3. Consequently, according to the classification of chemicals by degree of hazard (GOST 12.1.007-76), the preparations Fitococcidin and Coccilin B Plus can be classified as class IV, i.e. low-hazard substances (LD50 more than 5000 mg/kg b.w.).

Список литературы. 1. Авдаченко, В. Д. Применение препаратов зверобоя продырявленного при смешанных инвазиях у жвачных животных : методические рекомендации / В. Д. Авдаченко, О. А. Туминец. – Витебск : ВГАВМ, 2017. – 11 с. 2. Авдаченко, В. Д. Разработка фитопрепаратов на основе зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) и их применение в ветеринарной паразитологии : монография / В. Д. Авдаченко. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 184 с. 3. Бакулин, В. А. Болезни птиц / В. А. Бакулин. – Санкт-Петербурге, 2006. – 686 с. 4. Гиско, В. Н. Эпизоотология, терапия и профилактика эймериоза в бройлерном птицеводстве : автореф. дис. ... канд. ветеринарных наук : 03.00.19 / В. Н. Гиско. – Минск, 2003. – 20 с. 5. Кириллов, А. И. Кокцидиозы птиц / А. И. Кириллов. – Москва : Типография Россельхозакадемии, 2008. – 230 с. 6. Методические указания по токсикологической оценке химических веществ и фармакологических препаратов, применяемых в ветеринарии / НАН Беларуси, Институт экспериментальной ветеринарии им. С. Н. Вышелесского ; сост.: А. Э. Высоцкий. – Минск, 2007. – 156 с. 7. Оробец, В. А. Отравления животных : учебное пособие / В. А. Оробец, В. А. Беляев, И. В. Киреев. – Ставрополь, 2011. – 36 с. 8. Ятусевич, А. И. Протозойные болезни сельскохозяйственных животных : монография / А. И. Ятусевич. – Витебск : УО ВГАВМ, 2012. – 224 с.

References. 1. Avdachenok, V. D. *Primenenie preparatov zveroboya prodyryavlennogo pri smeshannyh invazyah u zhvachnyh zhivotnyh : metodicheskie rekomendacii* / V. D. Avdachenok, O. A. Tuminec. – Vitebsk : VGAVM, 2017. – 11 s. 2. Avdachenok, V. D. *Razrabotka fitopreparatov na osnove zveroboya prodyryavlennogo (Hypericum perforatum L.) i ih primenenie v veterinarnoj parazitologii : monografiya* / V. D. Avdachenok. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 184 s. 3. Bakulin, V. A. *Bolezni ptic* / V. A. Bakulin. – Sankt-Peterburg, 2006. – 686 s. 4. Gisko, V. N. *Epizootologiya, terapiya i profilaktika eymerioza v brojlernom pticevodstve : avtoref. dis. ... kand. veterinarnykh nauk* : 03.00.19 / V. N. Gisko. – Minsk, 2003. – 20 s. 5. Kirillov, A. I. *Kokcidiozy ptic* / A. I. Kirillov. – Moskva : Tipografiya Rossel'hozakademii, 2008. – 230 s. 6. *Metodicheskie ukazaniya po toksikologicheskoy ocenke himicheskikh veshchestv i farmakologicheskikh preparatov, primenyaemykh v veterinarii* / NAN Belarusi, Institut eksperimental'noj veterinarii im. S. N. Vyshellesskogo ; sost.: A. E. Vysockij. – Minsk, 2007. – 156 s. 7. Orobec, V. A. *Otravleniya zhivotnykh : uchebnoe posobie* / V. A. Orobec, V. A. Belyaev, I. V. Kireev. – Stavropol', 2011. – 36 s. 8. YAtusevich, A. I. *Protozoiynye bolezni sel'skhozoyajstvennykh zhivotnykh : monografiya* / A. I. YAtusevich. – Vitebsk : UO VGAVM, 2012. – 224 s.

Поступила в редакцию 16.08.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-22-26
УДК 619/575.117.2/616-053.2-056.54/636.2

УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА ИЛ-2 ПРИ ОЦЕНКЕ ИММУННОГО СТАТУСА У ТЕЛЯТ-ГИПОТРОФИКОВ В НЕОНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД

***Животов Е.С. ORCID ID 0009-0002-0006-0452, **Саврасов Д.А. ORCID ID 0000-0002-1293-2249,**

***Паршин П.А. ORCID ID 0000-0002-8790-0540, *Пасько Н.В. ORCID ID 0000-0003-0513-7252**

***ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация**

****ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация**

*В статье рассматриваются уровень экспрессии гена ИЛ-2 и отдельные показатели иммунного статуса у телят-гипотрофиков и нормотрофиков в ранний неонатальный период. В ходе эксперимента было установлено, что уровень экспрессии гена интерлейкина-2 (ИЛ-2) у нормотрофиков на 25% выше, чем у гипотрофиков. При анализе иммунного статуса у больных животных наблюдается понижение следующих иммунологических показателей: бактерицидная активность сыворотки крови (БАСК) – на 12,2%; лизоцимная активность сыворотки крови (ЛАСК) – на 79,35%, общие Ig – в 2,3 раза, альбумин – на 21,6%, глобулины – на 16,6%. **Ключевые слова:** телята, иммунитет, гипотрофия, иммуноглобулины, кровь, экспрессия, цитокин.*

EXPRESSION LEVEL OF THE IL-2 GENE WHEN ASSESSING THE IMMUNE STATUS OF HYPOTROPHIC CALVES IN THE NEONATAL PERIOD

*Zhivotov E.S., **Savrasov D.A., *Parshin P.A., *Pasko N.V.

*FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology, and Therapy,"
Voronezh, Russian Federation

**Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great,
Voronezh, Russian Federation

*This article features the expression level of the IL-2 gene and specific immune status indicators in hypotrophic and normotrophic calves in the early neonatal period. During the experiment, it has been found that the expression level of the interleukin-2 (IL-2) gene in normotrophic calves is by 25% higher than in hypotrophic calves. When analyzing the immune status, it was found that sick animals show a decrease in the following immunological indicators: serum bactericidal activity (SBA) – by 12.2%; serum lysozyme activity (SLA) – by 79.35%, total Ig – by 2.3 times, albumin – by 21.6%, globulins – by 16.6%. **Keywords:** calves, immunity, hypotrophy, immunoglobulins, blood, expression, cytokine.*

Введение. Гипотрофии молодняка сельскохозяйственных животных – одна из актуальных проблем современного скотоводства [4].

Интенсификация производственных процессов вызывает значительное напряжение функций органов и систем, что негативно отражается на адаптационных способностях организма к изменяющимся условиям внешней среды, и, как следствие, повышается частота возникновения неонатальных патологий, что ведет к повышенному отходу молодняка [4]. Данные нарушения возникают при недостаточном снабжении плода питательными, энергетическими, биологически активными веществами и кислородом в критические периоды беременности, в связи с чем возможно неправильное развитие костной, мышечной, пищеварительной, дыхательной систем, в тяжелых случаях – печени и сердечно-сосудистой системы [1]. Организм молодняка обладает высокой лабильностью, наиболее действенно формирование его резистентности и адаптационных способностей на ранних этапах онтогенеза, однако если нарушаются условия кормления, ухода и содержания, животные приспособляются к существующим условиям для компенсирования повышенных энергетических затрат [3]. Все это негативно влияет на формирование иммунного статуса, возникает иммунодефицит, проявляющийся неустойчивостью динамики показателей естественной резистентности и адаптивного иммунитета, что приводит к инфицированию животных различными патогенными микроорганизмами и развитию желудочно-кишечных и других болезней [1].

При современной системе ведения скотоводства телята рождаются с пониженной живой массой (телята-гипотрофики), с низким иммунным статусом и с высокой склонностью к различного рода заболеваниям. Известно немало случаев появления вторичных иммунодефицитов из-за недостатка в рационе животных белковых, витаминных и минеральных компонентов [2].

Интерлейкин-2 представляет собой провоспалительный цитокин, продуцируемый активированными CD4⁺ Т-хелперами и естественными киллерами, играет важную роль в иммунном ответе, участвуя в пролиферации Т- и В-лимфоцитов. ИЛ-2 необходим для нормального накопления эффекторных CD8⁺ Т-клеток и для программирования способности памяти цитотоксических Т-лимфоцитов повторно реализовываться при вторичных инфекциях *in vivo* [6].

Целью данной работы являлось определения относительного уровня экспрессии гена ИЛ-2 и гуморального звена иммунитета у телят-гипотрофиков в ранний неонатальный период.

Материалы и методы исследования. Материал был отобран в скотоводческом хозяйстве Воронежской области. Лабораторные исследования проводились на базе лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и функционирования живых систем; лаборатории иммунологии и серологии.

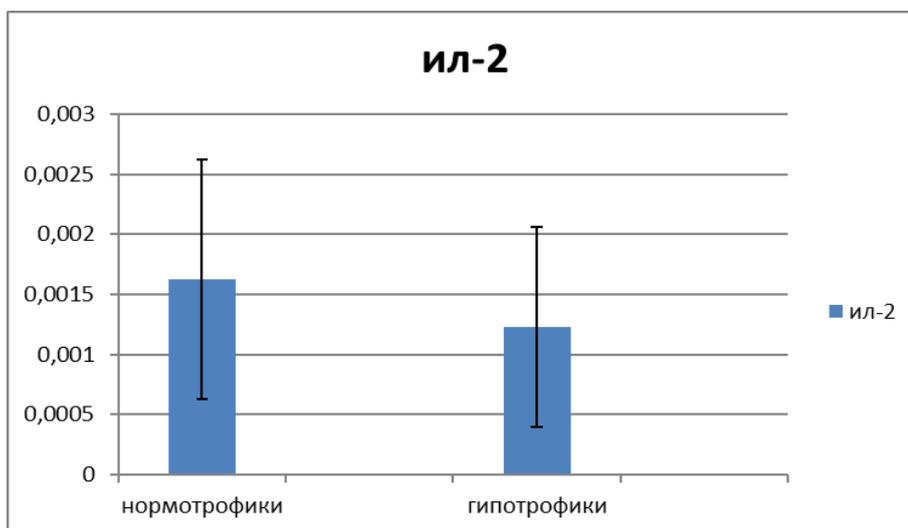
Материалы исследования: кровь, сыворотка крови.

В опыт были подобраны (n=10) новорожденные телята и разделены на группы по принципу парных аналогов. Группы формировали по морфометрическим показателям: гипотрофики - группа 1 (n=5) – средний вес 27,6±0,8 кг и нормотрофики - группа 2 (n=5) – средний вес 38,6±2,7 кг. Взятие крови осуществлялось в вакуумные пробирки и эппендорфы в первые сутки жизни для определения уровня экспрессии гена ИЛ-2 и проведения иммунологических исследований. Полимеразная цепная реакция производилась на приборах Bio-Rad CFX 96 (Bio-rad, США) и Rotor-Gene 6000 (Corbett Research, Австралия) с готовой коммерчески доступной смесью для PCR 5X qPCRMix-HS LowROX (Евроген, Россия). Выделение РНК будет осуществляться набором «РНК-Экстран» (Синтол, Россия) по утвержденной инструкции. Оценка качества выделенной РНК будет проводиться с помощью электрофореза в 2 % агарозном геле. Исследование будет происходить посредством ПЦР-анализа с добавлением красителя SYBR Green. Для оценки экспрессии изучаемых генов будет использоваться панель специфичных праймеров генов иммунного статуса ИЛ-2 (таблица. 1).

Таблица 1 – Список праймеров для ПЦР в реальном времени

Исследуемый ген	Последовательность праймеров
IL-2	F: CCTCAACTCCTGCCACAATGTA R: GTTTGCAACGAGTGCAAGAGTTA

Результаты исследований. Как показано на рисунке 1, анализ уровня экспрессии гена ИЛ-2 при гипотрофии у телят ниже более чем на 25% относительно здорового теленка в ранний неонатальный период. Это может быть вызвано снижением развития иммунного ответа по пути Th1, тем самым вызывая снижение активности макрофагов и фагоцитов, снижение пролиферации Т-лимфоцитов и, следовательно, возрастание нагрузки на костный мозг.

**Рисунок 1 – Экспрессия гена цитокина ИЛ-2 у телят нормотрофиков и гипотрофиков****Таблица 2 – Иммунологические показатели крови телят**

Показатель	Гипотрофики	Нормотрофики
Альбумины %	53,33±1,85	60,43±1,43
Альбумин, г/л	29,43±2,28*	35,79±1,95
Глобулины, г/л	23,10±2,43*	26,94±3,59
Альфа, %	17,40±1,18	19,87±3,75
Бета, %	16,20±2,95	16,73±1,40
Гамма, %	9,50±2,36	10,53±1,03
БАСК, %	80,03±2,45*	92,20±2,40
ЛАСК, мкг/мл	0,92±0,33*	1,65±0,13
ЦИК, мг/мл	0,36±0,10	0,40±0,09
Общие Ig, мг/мл	7,44±0,72	16,96±6,14

Примечание. * $P < 0,05$.

Результаты проведенных исследований (таблица 2) показывают значительное различие между двумя группами телят по иммунологическим показателям.

У нормотрофиков альбумины в процентном соотношении были выше на 13,5%, достигая 60,43±1,43%, в сравнении с 53,33±1,85% у гипотрофиков.

Концентрация альбумина у нормотрофиков на 21,6% превышала показатели гипотрофиков - 35,79±1,95 г/л против 29,43±2,28 г/л.

Концентрация глобулинов у телят-гипотрофиков на 16,8% выше, чем у здоровых животных, с результатами 26,94±3,59 г/л против 23,10±2,43 г/л.

Альфа-глобулины у нормотрофиков также превышали уровни гипотрофиков на 14,2% - с 19,87±3,75% по сравнению с 17,40±1,18%.

Различие в бета-глобулинах было менее выражено, однако у нормотрофиков показатели были выше 16,73±1,40% против 16,20±2,95% у гипотрофиков. Гамма-глобулины - на 10,8% выше у больных телят, достигая 10,53±1,03% в сравнении с 9,50±2,36%.

Бактерицидная активность сыворотки крови у нормотрофиков на 15,2% превышала показатели гипотрофиков, составив 92,20±2,40% против 80,03±2,45%.

Лизоцимная активность у больных животных также была на 79% выше - с 1,65±0,13 мкг/мл против 0,92±0,33 мкг/мл у здоровых.

Циркулирующие иммунные комплексы оказались немного выше у нормотрофиков - с $0,40 \pm 0,09$ мг/мл по сравнению с $0,36 \pm 0,10$ мг/мл у гипотрофиков.

Наибольшая разница была обнаружена в уровне общих иммуноглобулинов, который у здоровых телят оказался в 2,3 раза выше, чем у телят-гипотрофиков, с показателями $16,96 \pm 6,14$ мг/мл против $7,44 \pm 0,72$ мг/мл.

В нашем исследовании было выявлено значительное снижение уровня экспрессии гена ИЛ-2 у телят-гипотрофиков по сравнению со здоровыми телятами, что подтверждает предположение о том, что гипотрофия влияет на иммунный ответ животных в ранний неонатальный период. По исследованиям Шахова А.Г., это может вызвать впоследствии снижение иммунного ответа к воздействию антигенов, а также замедлит его развитие. Поэтому при лечении препаратами для иммунной терапии особое внимание уделяют механизмам их работы и способам применения для совершенствования схемы коррекции [5].

Сравнение иммунологических показателей обеих групп показало существенное понижение таких параметров, как БАСК, ЛАСК, общих Ig, альбуминов и глобулинов у гипотрофиков. Эти результаты согласуются с выводами исследований, проведенных Паршиным П.А. и другими, указывающими на нарушение функционирования системы естественной и специфической защиты у телят-гипотрофиков, что ведет к развитию иммунодефицита [7].

Заключение. Исследование, представленное в данной статье, выявило критическую важность изучения иммунного статуса и уровня экспрессии гена ИЛ-2 у телят-гипотрофиков и нормотрофиков в ранний неонатальный период. Снижение экспрессии данного цитокина происходит за счет пониженной активности макрофагов, фагоцитов и лимфоцитов, что приводит к ухудшению реакции иммунитета на действие антигенов на организм.

Результаты показали значительное снижение указанных показателей у телят с гипотрофией, что свидетельствует о нарушениях в системе неспецифической и специфической защиты.

Эти данные подчеркивают необходимость разработки и внедрения целенаправленных стратегий для улучшения иммунного статуса у телят-гипотрофиков, включая использование препаратов на основе видоспецифичных цитокинов. Дальнейшие исследования в этой области могут способствовать повышению естественной резистентности и улучшению здоровья телят.

Conclusion. The study presented in this article revealed the critical importance of studying the immune status and the level of IL-2 gene expression in hypotrophic and normotrophic calves in the early neonatal period. A decrease in the expression of this cytokine occurs due to the reduced activity of macrophages, phagocytes and lymphocytes, which leads to the deterioration in the immune response of the body to the action of antigens.

The results showed a significant decrease in these parameters in calves with hypotrophy, which indicates disturbances in the system of non-specific and specific protection.

These data emphasize the need to develop and implement targeted strategies to improve the immune status of hypotrophic calves, including the use of drugs based on species-specific cytokines. Further research in this area can promote the increase of natural resistance and improvement in the health of calves.

Список литературы. 1. Голубцов, А. В. Биохимический статус и естественная резистентность телят-гипотрофиков под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения и возможность его использования для их реабилитации / А. В. Голубцов, А. Г. Шахов, Ю. Н. Алехин // *Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. – 2018. – № 3 (27). – С. 70–76. – DOI 10.25725/vet.san.hyg.ecol.201803013. 2. Казыро, А. М. Изменение иммунного статуса телят-гипотрофиков на фоне применения «Кормового фосфолипидного комплекса» / А. М. Казыро, В. В. Машко // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. – 2014. – №17 (2). 3. Иммунный статус телят-гипотрофиков на фоне применения препаратов на основе рекомбинантных интерферонов / П. А. Паршин, Г. А. Востроилова, Н. А. Хохлова [и др.] // *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. – 2022. – Т. 58, вып. 3. – С. 133–138. – DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-133-138. 4. Саврасов, Д. А. Гипотрофия - предиктор развития анемии и вторичного иммунодефицита у телят раннего неонатального возраста / Д. А. Саврасов, П. А. Паршин, Г. А. Востроилова // *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»*. – 2020. – Т. 56, вып. 4. – С. 64–68. 5. Шахов, А. Г. Иммунный статус телят группы риска в неонатальный период и его коррекция / А. Г. Шахов // *Достижения бионауки и биоинженерии*. – 2013. – Т. 1, № 2. 6. Pipkin, M. E. Interleukin-2 and inflammation induce distinct transcriptional programs that promote the differentiation of effector cytolytic T cells / M. E. Pipkin // *Immunity*. – 2010. – Vol. 32, № 1. – С. 79–90. 7. Оценка уровня экспрессии генов интерлейкинов при коморбидных патологиях (иммунодефицит) у телят с гипотрофией основа реализации генетического потенциала / Д. А. Саврасов, П. А. Паршин, Е. В. Михайлов [и др.] // *Агроген Воронежского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 2 (2). – С. 40–46. – EDN MYUCIR.

References. 1. Golubcov, A. V. *Biokhimicheskij status i estestvennaya rezistentnost' telyat-gipotrofikov pod vliyaniem nizkointensivnogo lazernogo izlucheniya i vozmozhnost' ego ispol'zovaniya dlya ih rehabilitacii* / A. V. Golubcov, A. G. SHahov, YU. N. Alekhin // *Rossijskij zhurnal Problemy veterinarnoj sanitarii, gigieny i ekologii*. –

2018. – № 3 (27). – S. 70–76. – DOI 10.25725/vet.san.hyг.ecol.201803013. 2. Kazyro, A. M. *Izmenenie immunonogo statusa telyat-gipotrofikov na fone primeneniya «Kormovogo fosfolipidnogo kompleksa» / A. M. Kazyro, V. V. Malashko // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. – 2014. – №17 (2).* 3. *Immunnyj status telyat-gipotrofikov na fone primeneniya preparatov na osnove rekombinantnyh interferonov / P. A. Parshin, G. A. Vostroilova, N. A. Hohlova [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2022. – T. 58, vyp. 3. – S. 133–138. – DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-133-138.* 4. *Savrasov, D. A. Gipotrofiya - prediktor razvitiya anemii i vtorichnogo immunodeficita u telyat rannego neonatal'nogo vozrasta / D. A. Savrasov, P. A. Parshin, G. A. Vostroilova // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2020. – T. 56, vyp. 4. – S. 64–68.* 5. *SHahov, A. G. Immunnyj status telyat gruppy riska v neonatal'nyj period i ego korrekciya / A. G. SHahov // Dostizheniya bionauki i bioinzhenierii. – 2013. – T. 1, № 2. 6. Pipkin, M. E. Interleukin-2 and inflammation induce distinct transcriptional programs that promote the differentiation of effector cytolytic T cells / M. E. Pipkin // Immunity. – 2010. – Vol. 32, № 1. – S. 79–90. 7. *Ocenka urovnya ekspressii genov interlejkinov pri komorbidnyh patologiyah (immunodeficit) u telyat s gipotrofiy osnova realizacii geneticheskogo potenciala / D. A. Savrasov, P. A. Parshin, E. V. Mihajlov [i dr.] // Agrogen Vonezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 2 (2). – S. 40–46. – EDN MYUCIR.**

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-26-29
УДК 611.36-57.087.1.3

ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПЕЧЕНИ НАСЕКОМОЯДНЫХ ЖИВОТНЫХ (*EULIPOTYPHILA*), ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Журов Д.О. ORCID ID 0000-0003-1438-4183, Старс К.В.

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*При гистологическом изучении печени обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) и белогрудого ежа (*Erinaceus concolor*) установлены общие закономерности строения органа. Из особенностей архитектуры у бурозубки можно отметить отсутствие соединительнотканых междольковых прослоек, делящих печень на дольки, более плотное расположение гепатоцитов, полиморфность в строении печеночных клеток, наличие крупных светооптически плотных ядер. У белогрудого ежа в паренхиме печени наблюдались тонкие прослойки ретикулярных волокон, располагающиеся между печеночными трабекулами, многоугольные гепатоциты, расположенные неплотно с зернистой цитоплазмой и с темными и светлыми ядрами. Выявленные особенности строения печени характеризуют орган с позиции морфологической зрелости и высокой функциональной активности, а также коррелируют с трофической организацией видов. **Ключевые слова:** обыкновенная бурозубка, белогрудый еж, печень, гистологическое строение, окраска, ткань.*

SPECIFIC FEATURES IN THE LIVER STRUCTURE OF INSECTIVOROUS ANIMALS (*EULIPOTYPHILA*) INHABITING THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Zhurov D.O., Stars K.V.

EE “Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine”, Vitebsk, Republic of Belarus

*A histological study of the liver in the common red-toothed shrew (*Sorex araneus*) and the white-breasted hedgehog (*Erinaceus concolor*) established general patterns of the structure of the organ. Among the architectural features of the shrew, one can note the absence of connective tissue interlobular layers dividing the liver into lobules, a denser arrangement of hepatocytes, polymorphism in the structure of liver cells, and the presence of large light-optically dense nuclei. In the white-breasted hedgehog, in the liver parenchyma, thin layers of reticular fibers were observed, located between the hepatic trabeculae, polygonal hepatocytes, located loosely possessing granular cytoplasm and dark and light nuclei. The identified structural features of the liver characterize the organ from the standpoint of morphological maturity and high functional activity, and also correlate with the trophic organization of the species. **Keywords:** common red-toothed shrew, white-breasted hedgehog, liver, histological structure, coloring, tissue.*

Введение. Представители отряда насекомоядных (*Eulipotyphla*) привлекают внимание специалистов разного профиля по причине широкого распространения, многообразия морфологических и экологических адаптаций, важной роли в экосистемах как переносчики ряда гельминтов и возбудителей природно-очаговых заболеваний [10].

Установлено, что насекомоядные млекопитающие по своей природе активные и чрезвычайно прожорливые хищники, поедающие в сутки благодаря высокому обмену веществ корма больше собственного веса [4, 6, 9, 11, 14, 15]. Суточное потребление корма зависит от многих факторов: его питательности, температуры окружающей среды, физиологического состояния зверька и т.д. [5, 8, 12, 13]. В связи с этим изучение морфологии органов пищеварения у данно-

го отряда животных, в частности, печени, является актуальным для понимания общебиологических процессов и адаптации организма к сложившимся условиям обитания в определенных биотопах. Таким образом, **целью** работы явилось описание гистологических показателей печени обыкновенной бурозубки и белогрудого ежа в сравнительном аспекте.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на кадаверическом материале от половозрелых особей обыкновенной бурозубки (обыкновенной землеройки) (*Sorex araneus*) и белогрудого ежа (*Erinaceus concolor*), обитающих на территории Витебской области. Исследования проводились в соответствии с Европейской конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях [3]. Предметом исследования служил комплекс гистологических показателей печени [1, 2].

Для проведения гистологического исследования кусочки печени фиксировали в 10% растворе формалина. Зафиксированный материал подвергали уплотнению путем заливки в парафин по общепринятой методике [7]. Обезвоживание и парафинирование кусочков органов проводили с помощью автомата для гистологической обработки тканей «MICROM STP 120» (Германия) типа «Карусель». Для заливки кусочков и подготовки парафиновых блоков использовали автоматическую станцию «MICROM EC 350». Гистологические срезы кусочков органов, залитых в парафин, готовили на роторном микротоме «MICROM HM 340 E». Депарафинирование и окрашивание гистологических срезов проводили с использованием автоматической станции «MICROM HMS 70».

Для обзорного изучения общей структуры органов срезы окрашивали гематоксилином и эозином, для выявления ретикулярных волокон – по Ван-Гизону. Гистологические исследования проводили с помощью светового микроскопа «Биомед-6». Полученные данные документировали микрофотографированием с использованием цифровой системы считывания и ввода видеоизображения «ДСМ-510», а также программы «ScopePhoto» с соответствующими настройками для проведения морфометрического анализа. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica 10.0.

Результаты исследований. Печень у обыкновенной бурозубки и белогрудого ежа представляла собой паренхиматозный дольчатый орган. Его строма была представлена глиссоновой капсулой, системой триад (междольковая артерия, междольковая вена, междольковый желчный выводной проток) и внутридольковых сосудов. Толщина капсулы у обыкновенной бурозубки составила $4,4 \pm 0,5$ мкм, у белогрудого ежа – $5,2 \pm 0,6$ мкм.

Паренхима органа представлена гепатоцитами, двойной ряд которых образовывал печеночную трабекулу (балку). У обыкновенной бурозубки трабекулы были сформированы плотно расположенными оптически светлыми гепатоцитами, чаще полиморфной (прямоугольной, ромбовидной, трапециевидной) формы, с однородной цитоплазмой и крупным темным округлым ядром в центре клетки (рисунки 1, 2). До 40% гепатоцитов содержали 2-3 ядра в своем составе. В ядре просматривалось от 2 до 4 ядрышек, в цитоплазме – зернистые гранулы. Большой диаметр гепатоцитов у бурозубки составил $10,1 \pm 0,5$ мкм, ядра – $5,1 \pm 0,4$ мкм.

У белогрудого ежа трабекулы были сформированы светлыми гепатоцитами многоугольной формы. Печеночные клетки располагались неплотно, формируя небольшие пустоты. Цитоплазма гепатоцитов была светлой, вспененной, с мелкой белковой зернистостью. Центральные расположенные округло-овальные ядра в равной степени были темными и светлыми, внутри можно было проследить 2-3 ядрышка (рисунки 3, 4). У ежей также выявлено наличие большого количества двоядерных гепатоцитов. Диаметр гепатоцитов и их ядер у белогрудого ежа составил $7,9 \pm 0,2$ мкм и $4,7 \pm 0,3$ мкм соответственно.

У бурозубки трабекулы соприкасались менее разрозненно, нежели у ежа, в печени которого между ними имелись незначительные пустоты. Между трабекулами и гепатоцитами у белогрудого ежа визуализировалось незначительное скопление тонкой волокнистой соединительной ткани. Трабекулы радиально сходились к центральной вене и формировали классическую дольку печени. Поскольку междольковая соединительная ткань была выражена слабо, то у представленных видов насекомоядных животных границы классических печеночных долек были неразличимы. В центре дольки находилась центральная вена, зачастую – в состоянии острой венозной гиперемии, а вокруг стенки наблюдалось небольшое скопление лимфоцитов и макрофагов. Диаметр центральной вены у обыкновенной бурозубки составил $46,1 \pm 5,2$ мкм, у белогрудого ежа – в 1,5 раза больше ($P < 0,05$).

Между печеночными трабекулами располагались синусоидные капилляры, а между рядами гепатоцитов – желчные капилляры.

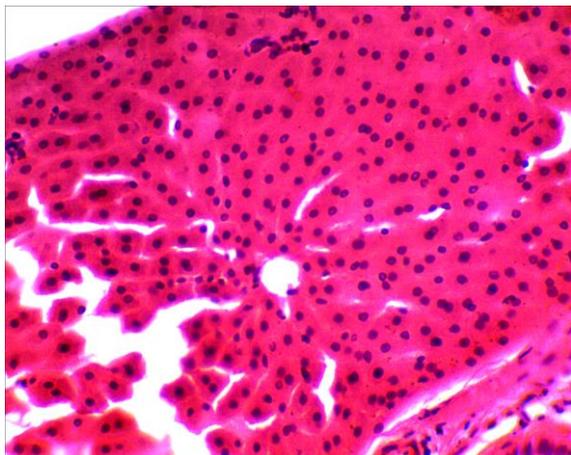


Рисунок 1 – Микрофото. Печеночная долька обыкновенной бурзубки. Гематоксилин и эозин. Биомед-6. Ув. × 240

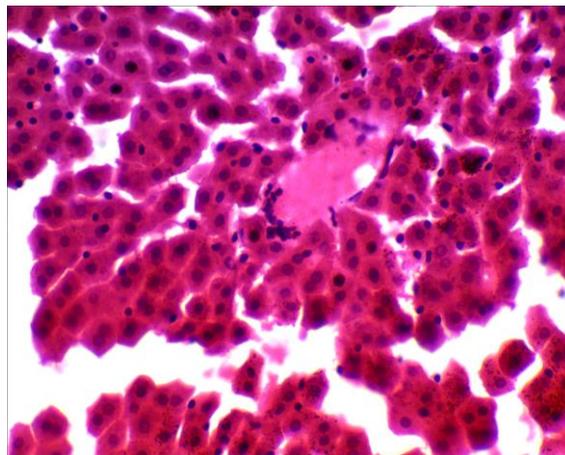


Рисунок 2 – Микрофото. Гепатоциты печени обыкновенной бурзубки. Гематоксилин и эозин. Биомед-6. Ув. × 480

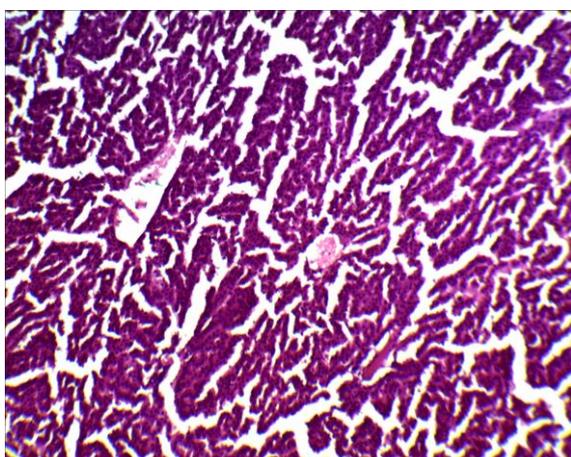


Рисунок 3 – Микрофото. Структура печени белогрудого ежа. Гематоксилин и эозин. Биомед-6. Ув. × 120

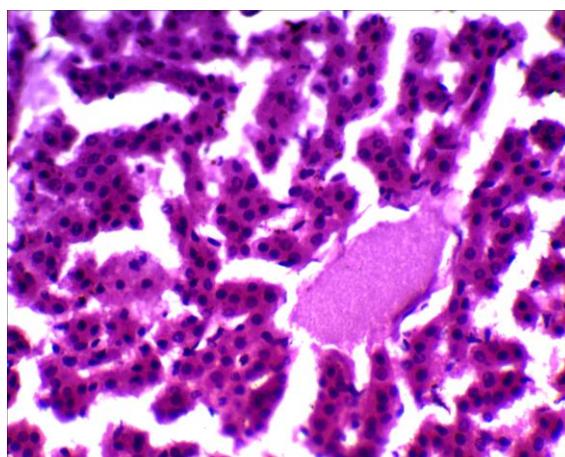


Рисунок 4 – Микрофото. Клетки печени белогрудого ежа. Гематоксилин и эозин. Биомед-6. Ув. × 480

Заключение. При изучении печени представленных видов насекомоядных млекопитающих установлены общие закономерности строения органа, характеризующие его с позиции морфологической зрелости и высокой функциональной активности, а также коррелирующие с трофической специализацией животных. При этом выявленные особенности, на наш взгляд, могут иметь непостоянный характер и зависят от многих экзогенных и эндогенных факторов: сезона года, биотопа, физиологического состояния животного и т.д. В этой связи печень животных является наиболее динамичным органом, довольно быстро реагирующим на ряд факторов, влияющих на организм.

Conclusion. When studying the liver of the represented species of insectivorous mammals, general patterns of the structure of the organ were established, characterizing it from the position of morphological maturity and high functional activity, as well as correlating with the trophic specialization of animals. However, the identified features, in our opinion, may be of a variable nature and depend on many exogenous and endogenous factors: season of the year, biotope, physiological state of the animal, etc. In this regard, the animal liver is the most dynamic organ, quite quickly responding to a number of factors affecting the body.

Список литературы. 1. Александровская, О. В. Цитология, гистология и эмбриология / О. В. Александровская, Т. Н. Радостина, Н. А. Козлов. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 447 с. 2. Алланазарова, Н. А. Особенности гистоанатомии желчных и печеночных протоков у лабораторных животных / Н. А. Алланазарова // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Серия: биологические науки. – 2022. – № 2. – С. 37–40. 3. Европейская конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях. – URL : <https://rm.coe.int/168007aba8>. (дата обращения : 29.06.2024). 4. Журов, Д. О. Сравнительная морфофункциональная характеристика печени насекомоядных животных, обитающих на территории Республики Беларусь / Д. О. Журов, К. В. Старс // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства : материалы VII Между-

народной научно-практической конференции, 18 апреля 2024 г., Makeevka : в 7 т. / ФГБОУ ВО «Донбасская аграрная академия». – Makeevka : Donagra, 2024. – Т. I. – С. 40–44. 5. Karaseva, E. V. Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh / E. V. Karaseva, A. Yu. Telicyna, O. A. Zhigalskiy. – Moskva : Izdatel'stvo LKI, 2008. – 416 s. 6. Makarov, A. M. Pitaniye i osobennosti territorial'nogo povedeniya zemleroev (Soricidae) Karelii : avtoref. dis. ... kand. biologicheskikh nauk : 03.00.08 / A. M. Makarov. – Petrozavodsk, 1993. – 24 s. 7. Sarkisov, D. S. Mikroskopicheskaya tekhnika : rukovodstvo / D. S. Sarkisov ; pod redaktsiej: D. S. Sarkisova, Yu. L. Petrova. – Moskva: Medicina, 1996. – 544 s. 8. Nadzhafov, D. A. K izucheniyu pitaniya ezhey (Mammalia, Erinaceinae) v Azerbajdzhane / D. A. Nadzhafov, S. A. Alizade // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. – 2014. – № 3. – С. 74–78. 9. Poroshin, E. A. Troficheskie svyazi i mezvidovaya konkurenciya v pitanii nasekomoyadnykh mlekopitayushchikh bassейna verkhney Pechory / E. A. Poroshin // Vestnik instituta biologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN. – 2009. – № 10 (144). – С. 15–19. 10. Savarin, A. A. Morfo-biologicheskaya i ekologicheskaya karakteristika belogrudogo ezha, *Erinaceus concolor*, (Erinaceidae, Insectivora) Belarusi : avtoref. dis. ... kand. biologicheskikh nauk : 03.02.04 / A. A. Savarin. – Minsk, 2011. – 29 s. 11. Morphometric studies of some visceral organs and gastrointestinal tract of four-toed african hedgehog (*atelerix albiventris*) / I. A. Girgiri, B. G. Gambo, B. Ibrahim, A. Bwala // J. Morphol. Sci. – 2015. – Vol. 32, № 1. – P. 29–32. – DOI: 10.4322/jms.071014. 12. Johnson-Delany, C. A. Anatomy and physiology of the gastrointestinal system of the ferret and selected exotic carnivores. In Proceedings from the association of avian veterinarians / C. A. Johnson-Delany. – 2006. – P. 29–38. 13. Langer, P. The Digestive tract and life history of small mammals / P. Langer // Mammal Review. – 2002. – Vol. 32, № 2. – P. 107–131. – <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2907.2002.00101.x>. 14. Machado, M. V. Hedgehog signalling in liver pathophysiology / M. V. Machado, A. M. Diehl // J. Hepatol. – 2018. – Mar;68(3). – P. 550–562. – doi: 10.1016/j.jhep.2017.10.017. Epub 2017 Oct 26. PMID: 29107151; PMCID: PMC5957514. 15. Nzalak, J. O. Macrometric study of the digestive system of the african giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse 1840) / J. O. Nzalak, B. I. Onyeanus, S. O. Salami // European Journal of Anatomy. – 2012. – Vol. 16. – P. 113–118.

References. 1. Aleksandrovskaya, O. V. Citologiya, gistologiya i embriologiya / O. V. Aleksandrovskaya, T. N. Radostina, H. A. Kozlov. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 447 s. 2. Allanazarova, N. A. Osobennosti gistoanatomii zhelchnykh i pechenochnykh protokov u laboratornykh zhivotnykh / N. A. Allanazarova // Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya: biologicheskie nauki. – 2022. – № 2. – S. 37–40. 3. Evropejskaya konvenciya o zashchite pozvonochnykh zhivotnykh, ispol'zuemykh dlya eksperimentov ili v inykh nauchnykh tsel'yah. – URL : <https://rm.coe.int/168007a6a8>. (data obrashcheniya : 29.06.2024). 4. ZHurov, D. O. Sravnitel'naya morfofunktsional'naya karakteristika pecheni nasekomoyadnykh zhivotnykh, obitayushchih na territorii Respubliki Belarus' / D. O. ZHurov, K. V. Stars // Prioritetnye vektory razvitiya promyshlennosti i sel'skogo hozyajstva : materialy VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, 18 aprelya 2024 g., Makeevka : v 7 t. / FGBOU VO «Donbasskaya agrarnaya akademiya». – Makeevka : Donagra, 2024. – Т. I. – С. 40–44. 5. Karaseva, E. V. Metody izucheniya gryzunov v polevykh usloviyakh / E. V. Karaseva, A. YU. Telicyna, O. A. ZHigalskiy. – Moskva : Izdatel'stvo LKI, 2008. – 416 s. 6. Makarov, A. M. Pitaniye i osobennosti territorial'nogo povedeniya zemleroev (Soricidae) Karelii : avtoref. dis. ... kand. biologicheskikh nauk : 03.00.08 / A. M. Makarov. – Petrozavodsk, 1993. – 24 s. 7. Sarkisov, D. S. Mikroskopicheskaya tekhnika : rukovodstvo / D. S. Sarkisov ; pod redaktsiej: D. S. Sarkisova, YU. L. Petrova. – Moskva: Medicina, 1996. – 544 s. 8. Nadzhafov, D. A. K izucheniyu pitaniya ezhey (Mammalia, Erinaceinae) v Azerbajdzhane / D. A. Nadzhafov, S. A. Alizade // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Himiya. Biologiya. Farmatsiya. – 2014. – № 3. – С. 74–78. 9. Poroshin, E. A. Troficheskie svyazi i mezvidovaya konkurenciya v pitanii nasekomoyadnykh mlekopitayushchikh bassejna verhney Pechory / E. A. Poroshin // Vestnik instituta biologii Komi nauchnogo centra Ural'skogo otdeleniya RAN. – 2009. – № 10 (144). – С. 15–19. 10. Savarin, A. A. Morfo-biologicheskaya i ekologicheskaya karakteristika belogrudogo ezha, *Erinaceus concolor*, (Erinaceidae, Insectivora) Belarusi : avtoref. dis. ... kand. biologicheskikh nauk : 03.02.04 / A. A. Savarin. – Minsk, 2011. – 29 s. 11. Morphometric studies of some visceral organs and gastrointestinal tract of four-toed african hedgehog (*atelerix albiventris*) / I. A. Girgiri, B. G. Gambo, B. Ibrahim, A. Bwala // J. Morphol. Sci. – 2015. – Vol. 32, № 1. – P. 29–32. – DOI: 10.4322/jms.071014. 12. Johnson-Delany, C. A. Anatomy and physiology of the gastrointestinal system of the ferret and selected exotic carnivores. In Proceedings from the association of avian veterinarians / C. A. Johnson-Delany. – 2006. – P. 29–38. 13. Langer, P. The Digestive tract and life history of small mammals / P. Langer // Mammal Review. – 2002. – Vol. 32, № 2. – P. 107–131. – <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2907.2002.00101.x>. 14. Machado, M. V. Hedgehog signalling in liver pathophysiology / M. V. Machado, A. M. Diehl // J. Hepatol. – 2018. – Mar;68(3). – P. 550–562. – doi: 10.1016/j.jhep.2017.10.017. Epub 2017 Oct 26. PMID: 29107151; PMCID: PMC5957514. 15. Nzalak, J. O. Macrometric study of the digestive system of the african giant rat (*Cricetomys gambianus* Waterhouse 1840) / J. O. Nzalak, B. I. Onyeanus, S. O. Salami // European Journal of Anatomy. – 2012. – Vol. 16. – P. 113–118.

Поступила в редакцию 17.09.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-30-33
УДК 619:[612.017:618.19-002]:636.2**ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПРОФИЛАКТИКЕ МАСТИТА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ****Зимников В.И. ORCID ID 0000-0002-6371-7143, Павленко О.Б. ORCID ID 0000-0001-9086-9241,
Сашнина Л.Ю. ORCID ID 0000-0001-6477-6156**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

В статье показаны результаты изучения эффективности нового способа профилактики мастита у лактирующих коров, подразумевающего трехкратное парентеральное введение препарата «Проаутовак» с первых часов после отела, который обеспечивает профилактическую эффективность заболеваемости маститом в 86,7%. В результате проведенных исследований было установлено изменение морфологического, биохимического и иммунологического статуса, организма коров, что свидетельствует об активации клеточного и гуморального звена общей неспецифической резистентности организма животных. **Ключевые слова:** проаутовак, профилактика, коровы, мастит, послеродовой период.

IMMUNOLOGICAL ASPECTS FOR MASTITIS PREVENTION IN LACTATING COWS**Zimnikov V.I., Pavlenko O.B., Sashnina L.Yu.**FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

The article presents the results of studies on the efficiency of a new method for preventing mastitis in lactating cows, which involves a three-fold parenteral administration of the drug Proautovak from the first hours after calving, that provides a preventive efficacy for mastitis incidence in 86.7% of cases. As a result of the conducted studies, a change in the morphological, biochemical and immunological status of the cows' organism was established, this indicates the activation of the cellular and humoral link of the general non-specific resistance of the animal body. **Keywords:** Proautovak prophylaxis, cows, mastitis, postpartum period.

Введение. Одной из главных задач современного животноводства является получение продукции высокого качества. Однако в настоящее время проблема рентабельности производимой молочной продукции остается актуальной. В процессе производства молока животноводческие предприятия зачастую сталкиваются с такой проблемой, как воспаление молочной железы (мастит) во всех его проявлениях, что наносит огромный экономический ущерб хозяйствам за счет недополучения молока и преждевременной выбраковки высокопродуктивных животных [5].

Одним из этиологических факторов возникновения мастита является обсеменение молочной железы патогенной и условно-патогенной микрофлорой за счет ослабления неспецифических защитных свойств организма и молочной железы коров [1].

Staph. aureus, *Str. agalactiae*, *Str. pyogenes*, *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter aerogenes* и *E. coli* являются наиболее часто встречающимися микроорганизмами, выделяемыми из молока, полученного от коров, больных разными формами мастита. *Str. agalactiae* и *Staph. aureus* считаются основными возбудителями, вызывающими воспаление молочной железы [7, 8].

В ранний послеродовой период молочная железа становится наиболее восприимчивой к проникновению микрофлоры и возникновению воспалительных процессов, так как в это время на нее оказывается огромная нагрузка, связанная с развитием новой лактации, что приводит к нарушению во взаимодействии патогенной микрофлоры и неспецифической резистентности вымени [4].

В последнее время в ветеринарии для профилактики мастита зачастую используются препараты, имеющие в своем составе антибиотики. Повсеместное и бесконтрольное применение антимикробных средств в молочном скотоводстве не решает проблему мастита, а только усугубляет ее, путем появления антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов и ослабления защитных свойств молочной железы высокопродуктивных коров [2, 3].

В связи с этим разработка новых способов профилактики мастита должна основываться на применении средств, повышающих общую и локальную резистентность, снижающих микробную обсемененность вымени, подавляющих патогенное действие микроорганизмов. В настоящее время ведется работа по разработке экологически безопасных и высокоэффективных препаратов и способов лечения мастита у коров с применением средств иммунокорректирующего действия [9].

Поэтому в условиях интенсивного животноводства, направленного на получение высококачественного молока, разработка и внедрение новых способов профилактики мастита у коров, основанных на применении препаратов, обладающих иммунокорректирующими свойствами,

направленными на повышение неспецифической резистентности молочной железы и организма высокопродуктивных молочных коров, остаются крайне актуальными [3, 6].

Цель работы: изучить иммунологические аспекты профилактики мастита у лактирующих коров.

Материалы и методы исследований. Для проведения исследований в ранний послеродовой период было сформировано три группы коров голштино-фризской породы по 15 голов в каждой. Коровам первой группы для профилактики мастита вводили препарат «Проаутовак» один раз в сутки на протяжении трех дней в дозе 10,0 мл/животное, начиная с первого дня после отела. Животным второй группы применяли препарат «Аминоселеферон» в дозе 5,0 мл на животное трижды с 24-часовым интервалом. Животные третьей группы служили отрицательным контролем, им препараты не назначали. Клинические исследования проведены с использованием общепринятых в акушерстве методов. На 10-14 дни после отела от 7-8 животных каждой группы были отобраны пробы крови и секрета молочной железы для проведения иммунологических цитологических и микробиологических исследований. В крови были определены: морфологические показатели крови (содержание эритроцитов, гемоглобина, лейкоцитов с определением лейкограммы); показатели белкового обмена (общий белок и его фракции); показатели фагоцитарного и лимфоцитарного звена клеточного иммунитета, (ФАЛ, ФИ, ФЧ); показатели гуморального иммунитета (общие иммуноглобулины, ЛАСК, БАСК, ЦИК). Бактериологические и иммунологические исследования секрета вымени проведены общепринятыми классическими методами согласно утвержденным методикам, количество соматических клеток определяли на счетчике соматических клеток фирмы De Laval. Эффективность нового метода профилактики мастита у лактирующих коров определяли через 10-14 дней после его применения.

Результаты исследований. Проведенными клиническими исследованиями (таблица 1) было установлено, что в группе, где применяли препарат «Проаутовак», субклиническим маститом заболело 13,3% коров, а клиническая форма мастита не регистрировалась. После трехкратного введения препарата «Аминоселеферон» у 20,0% коров второй группы был установлен мастит, в том числе у 6,7% – субклинический и у 13,3% – катаральный мастит. В группе отрицательного контроля маститом заболело 33,3% животных, из которых субклиническим – 13,3% и клинически выраженным катаральным – 20,0% коров.

Таблица 1 – Эффективность применения препарата «Проаутовак» для профилактики мастита у лактирующих коров

Группа	Кол-во животных в группе	Заболело маститом				Эффективность, %, не заболело коров
		субклиническим		клинически выраженным		
		всего, гол.	%	всего, гол.	%	
Проаутовак	15	2	13,3	0	0,0	86,7
Аминоселеферон	15	1	6,7	2	13,3	80,0
Контроль	15	2	13,3	3	20,0	66,7

Проведенными лабораторными исследованиями установлено, что после обработки коров препаратом «Проаутовак» были установлены изменения морфо-иммунологического статуса крови исследуемых животных. Так, концентрация лейкоцитов стала ниже на 28,1% ($P<0,05$) по сравнению с коровами из группы отрицательного контроля, эозинофилов – на 45,1% ($P<0,01$), палочкоядерных нейтрофилов – на 35,4% ($P<0,01$), моноцитов – на 32,1% ($P<0,01$), циркулирующих иммунных комплексов – на 27,6% ($P<0,01$), при повышении фагоцитарного индекса на 67,3% ($P<0,001$), фагоцитарного числа – на 81,3% ($P<0,001$), что свидетельствует об активации клеточного и гуморального звеньев общей неспецифической резистентности организма коров (таблица 2).

Таблица 2 – Морфо-иммунологические показатели крови лактирующих коров при применении препарата «Проаутовак»

Показатели	До введения препаратов	Группы животных		
		проаутовак	аминоселеферон	отрицательный контроль
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	8,1±0,4	6,9±0,1*	7,3±0,3	9,2±0,6
Эозинофилы, %	4,2±0,1	3,2±0,12**	3,7±0,8**	5,5±0,33
Нейтр. палочк., %	8,4±0,1	7,9±0,71*	8,9±0,6*	12,1±0,88
Нейтр. сегм., %	42,7±2,1	43,5±3,9	43,1±2,3	37,4±3,2
Моноциты, %	4,7±0,1	3,5±0,16***	4,3±0,1**	5,7±0,19
Лимфоциты, %	40,0±2,1	41,9±2,5	40,0±3,2	39,3±2,3
Общий белок, г/л	78,3±4,1	81,4±7,7	80,7±6,3	77,2±6,7
Альбумины, %	41,3±3,8	43,1±2,7	40,9±3,3	39,3±2,5
α-глобулины, %	14,8±0,4	14,3±0,7	14,1±0,5	13,8±0,7
β-глобулины, %	21,1±1,6	20,5±1,2	21,2±1,5	23,2±1,7
γ-глобулины, %	24,8±1,7	24,1±1,9	25,8±1,3	25,1±1,4
Общие Jg, г/л	24,5±2,2	22,1±1,2	22,5±1,3	25,3±0,8
ЦИК, г/л	0,34±0,01	0,30±0,01**	0,27±0,01***	0,38±0,01
БАСК, %	74,1±5,5	80,1±5,2	77,1±5,7	69,8±3,5
ЛАСК, мкг/мл	2,1±0,1	2,8±0,1	2,4±0,1	1,9±0,2
ФАЛ, %	65,9±3,3	77,3±3,2	74,1±4,1	68,1±4,0
ФИ	5,3±0,3	7,2±0,3**	6,3±0,3**	4,2±0,2
ФЧ	3,3±0,2	5,2±0,2***	4,7±0,2**	3,1±0,2

Примечания: * - $P < 0,05$; ** - $P < 0,01$; *** - $P < 0,001$ – по сравнению с отрицательным контролем.

У животных, которым вводили препарат «Аминоселеферон», были отмечены менее значительные изменения в морфо-иммунологическом статусе, так, через две недели после отела концентрация эозинофилов была ниже на 30,8% ($P < 0,01$) по сравнению с животными группы отрицательного контроля, палочкоядерных нейтрофилов – на 27,5% ($P < 0,05$), моноцитов – на 21,2% ($P < 0,01$), общих иммуноглобулинов – на 15,3%, циркулирующих иммунных комплексов - на 31,2% ($P < 0,001$), при повышении фагоцитарного индекса на 41,3% ($P < 0,01$), фагоцитарного числа – на 57,0% ($P < 0,01$)

При исследовании секрета молочной железы установлено, что иммунологические показатели коров всех групп, выделенные из молозива перед введением препаратов, соответствовали показателям здоровых животных и достоверно не отличались между опытными и контрольной группами (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели секрета вымени клинически здоровых коров через 1-2 часа после отела и на 14 день после отела при применении препарата «Проаутовак»

Показатели	Отрицательный контроль	Аминоселеферон	Проаутовак
	<i>До опыта (1-2 часа после отела)</i>		
СК, тыс/мл	1343,0±124,6	1616,1±169,3	1587,5±151,1
Лизоцим, мкг/мл	2,033±0,17	1,884±0,07	2,123±0,13
Общие иммуноглоб., мг/мл	54,49±3,24	56,22±4,18	61,0±4,08
ЦИК, мг/мл	1,416±0,12	1,358±0,13	1,412±0,12
	<i>По окончании опыта (через 14 дней после отела)</i>		
СК, тыс/мл	266,7±13,1	182,3±9,1**	148,3±7,4**
Лизоцим, мкг/мл	2,112±0,16	1,975±0,12	1,901±0,13
Общие иммуноглоб., мг/мл	11,43±0,82	9,33±0,51	8,57±0,35**
ЦИК, мг/мл	0,992±0,7	0,668±0,04**	0,593±0,03**

На четырнадцатый день после отела у животных, которым применяли аминоселеферон, по отношению к животным контрольной группы установлено более низкое содержание циркулирующих иммунных комплексов – на 31,4% ($P < 0,01$), соматических клеток – на 43,4% ($P < 0,01$). Наиболее выраженные изменения установлены при использовании препарата «Проаутовак» в сравнении с контрольной группой, которые характеризовались более низким содержанием соматических клеток – на 47,2% ($P < 0,01$), общих иммуноглобулинов – на 32,1% ($P < 0,01$) и циркулирующих иммунных комплексов – на 35,4% ($P < 0,01$). Необходимо отметить, что у всех клинически здоровых животных через две недели после отела иммунологические показатели секрета молочной железы соответствовали таковым у здоровых животных.

Заключение. Предлагаемый новый способ профилактики мастита у коров в период лактации, подразумевающий трехкратное парентеральное введение препарата «Проаутовак» ковам с первых часов после отела, обеспечивает профилактическую эффективность заболеваемости маститом в 86,7%, которая обеспечивается за счет иммунокорректирующих свойств компонентов, входящих в состав препарата, что выражается в изменениях морфоиммунологических показателей крови и секрета молочной железы исследуемых животных. Данные изменения происходят за счет активации клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности молочной железы и организма лактирующих коров после применения препарата.

Conclusion. The proposed new method for preventing mastitis in cows during lactation period involves a three-fold parenteral administration of the drug Proautovak in cows starting from the first hours after calving, this provides the preventive efficiency of mastitis incidence in 86.7% of cases. The preventive efficiency is ensured by the immune corrective properties of the components included in the drug, and is expressed in changes of the morphoimmunological blood indicators and the mammary gland secretion indicators in the animals under investigation. These changes occur due to the activation of cellular and humoral links of non-specific resistance of the mammary gland and the body of lactating cows after the use of the drug.

Список литературы. 1. Балбуцкая, А. А. Чувствительность к антибактериальным средствам возбудителей клинического мастита коров / А. А. Балбуцкая, В. Н. Скворцов, С. С. Белимова // *Ветеринария*. – 2018. – №9. – С. 39–44. 2. Конопельцев, И. Г. Экологически безопасные подходы в борьбе с маститом коров / И. Г. Конопельцев // *Российский ветеринарный журнал*. – 2007. – № 5. – С. 33–35. 3. Татарникова, Н. А. Применение биоинфузина в комплексной профилактике мастита у коров / Н. А. Татарникова, И. Н. Жданова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2014. – № 4(48). – С. 88–90. – EDN SUCQZN. 4. Актуальные проблемы терапии и профилактики мастита у коров / С. В. Шабунин, Н. Т. Климов, А. Г. Нежданов, Л. И. Ефанова // *Ветеринария*. – 2011. – №12. – С. 3–6. 5. Шубина, А. В. Профилактики мастита у коров в сухостойный и послеродовой периоды с использованием интрасана / А. В. Шубина, И. Г. Конопельцев // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана*. – 2022. – Т. 250, № 2. – С. 272–276. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_2_250_272. – EDN KDMDII 6. Эффективность применения рекомбинантных интерферонов при терапии субклинического мастита у лактирующих коров / В. И. Зимников, О. Б. Павленко, Л. Ю. Сашнина [и др.] // *Ветеринарный фармакологический вестник*. – 2022. – № 2(19). – С. 47–57. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2022.2.47. – EDN UDIWJX. 7. Shinozuka, Y. Live bacteria in clots from bovine clinical mastitis milk with no growth in conventional culturing / Y. Shinozuka // *Asian J. Anim Vet. Adv.* – 2018. – Vol. 13 (2). – P. 197–200. 8. Zhang, L. Virulence gene profiles: alpha-hemolysin and clonal diversity in *Staphylococcus aureus* isolates from bovine clinical mastitis in China / L. Zhang // *BMC Vet Res.* – 2018. – Vol. 14 (1). – P. 63. 9. Leitner, G. Immunotherapy of mastitis / G. Leitner // *Vet Immunol Immunopathol.* – 2013. – Vol. 153 (3/4). – P. 209–216.

References. 1. Balbuckaya, A. A. *Chuvstvitel'nost' k antibakterial'nym sredstvam vozбудitelej klinicheskogo mastita korov* / A. A. Balbuckaya, V. N. Skvorcov, S. S. Belimova // *Veterinariya*. – 2018. – №9. – S. 39–44. 2. Konopel'cev, I. G. *Ekologicheski bezopasnye podhody v bor'be s mastitom korov* / I. G. Konopel'cev // *Rossijskij veterinarnyj zhurnal*. – 2007. – № 5. – S. 33–35. 3. Tatarnikova, N. A. *Primenenie bioinfuzina v kompleksnoj profilaktike mastita u korov* / N. A. Tatarnikova, I. N. Zhdanova // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2014. – № 4(48). – S. 88–90. – EDN SUCQZN. 4. *Aktual'nye problemy terapii i profilaktiki mastita u korov* / S. V. SHabunin, N. T. Klimov, A. G. Nezhdanov, L. I. Efanova // *Veterinariya*. – 2011. – №12. – S. 3–6. 5. SHubina, A. V. *Profilaktiki mastita u korov v suhostojnyj i poslerodovoj periody s ispol'zovaniem intrasana* / A. V. SHubina, I. G. Konopel'cev // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana*. – 2022. – T. 250, № 2. – S. 272–276. – DOI 10.31588/2413_4201_1883_2_250_272. – EDN KDMDII 6. *Effektivnost' primeneniya rekombinantnyh interferonov pri terapii subklinicheskogo mastita u laktiruyushchih korov* / V. I. Zimnikov, O. B. Pavlenko, L. YU. Sashnina [i dr.] // *Veterinarnyj farmakologicheskij vestnik*. – 2022. – № 2(19). – S. 47–57. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2022.2.47. – EDN UDIWJX. 7. Shinozuka, Y. *Live bacteria in clots from bovine clinical mastitis milk with no growth in conventional culturing* / Y. Shinozuka // *Asian J. Anim Vet. Adv.* – 2018. – Vol. 13 (2). – P. 197–200. 8. Zhang, L. *Virulence gene profiles: alpha-hemolysin and clonal diversity in Staphylococcus aureus isolates from bovine clinical mastitis in China* / L. Zhang // *BMC Vet Res.* – 2018. – Vol. 14 (1). – P. 63. 9. Leitner, G. *Immunotherapy of mastitis* / G. Leitner // *Vet Immunol Immunopathol.* – 2013. – Vol. 153 (3/4). – P. 209–216.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-34-38
УДК 574/577:57.08**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДОБАВКИ ИЗ СОИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ НЕГИДРОЛИЗИРОВАННОЙ****Кочиш И.И. ORCID ID 0000-0002-8502-6052, Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433, Мясникова О.В. ORCID ID 0000-0002-9869-0876**

ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация

*В статье представлены результаты научно-исследовательской работы изучения влияния добавки «Протефид», из расчета 5-15% в стартовые и ростовые рационы, на гематологические показатели цыплят-бройлеров. Установлено, что у птицы 3-й опытной группы содержание общего белка было выше, чем в 1-й контрольной и 2-й опытной группах – на 5,19% и 4,33% соответственно, а у бройлеров 4-й опытной группы – на 16,7% и 15,75% соответственно. Показатель мочевой кислоты в 3-й опытной группе был выше – на 7,1%, чем в 1-й и 2-й группах, а в 4-й опытной группе – на 8,4% соответственно. Уровень триглицеридов во всех группах находился фактически на одном уровне. Активность АсАТ у цыплят 1-й контрольной группы превышала активность фермента согласно референтным значениям и была выше результатов 2-й и 3-й опытных групп – на 41,7% и 43,8% соответственно, а показателей 4-й группы – почти в 2 раза. У цыплят 3-й опытной группы (10% соевого концентрата в стартовый и ростовой рацион) и 4-й опытной группы (10% соевого концентрата в стартовый и 5% в ростовой рацион), получавших с комбикормом добавку «Протефид», отмечена высокая интенсивность белковой функции печени, повышенное содержание глюкозы, общего холестерина, а также высокая активность аспаратаминотрансферазы, что указывает на более низкую нагрузку на печеночную ткань. **Ключевые слова:** птицеводство, цыплята-бройлеры, соя, соевый концентрат, кровь, сыворотка крови.*

HEMATOLOGICAL INDICATORS OF BROILER CHICKENS WHEN USING A SOYBEAN FEED ADDITIVE CONCENTRATED NOT HYDROLYZED**Kochish I.I., Kapitonova E.A., Myasnikova O.V.**

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scryabin, Moscow, Russian Federation

*The article presents the results of research studying the effect of the Protefid additive, at the rate of 5-15% in starter and growth diets, on the hematological parameters of broiler chickens. It was found that in birds of the 3rd experimental group the content of total protein was higher than in the 1st control and 2nd experimental groups – by 5.19% and 4.33%, respectively, and in broilers of the 4th experimental group – by 16.7% and 15.75%, respectively. The uric acid level in the 3rd experimental group was higher – by 7.1% than in the 1st and 2nd groups, and in the 4th experimental group – by 8.4%, respectively. The triglyceride level in all groups was virtually the same. The AST activity in chickens of the 1st control group exceeded the enzyme activity according to the reference values and was higher than the results of the 2nd and 3rd experimental groups – by 41.7% and 43.8%, respectively, and the indicators of the 4th group – almost 2 times. In chickens of the 3rd experimental group (10% soybean concentrate in the starter and growth diets) and the 4th experimental group (10% soybean concentrate in the starter and 5% in the growth diets). In chickens fed with the Protefid compound feed, a high protein intensity of the liver function was marked, as well as an increased glucose and total cholesterol level, a high aspartate aminotransferase activity, that indicates a lower load on the liver tissue. **Keywords:** poultry farming, broiler chickens, soybeans, soybean concentrate, blood, blood serum.*

Введение. Соя – это бобовое растение, которое можно использовать в различных отраслях. Она представляет особую ценность за счет высокого содержания протеина, но помимо этого, она имеет богатый состав аминокислот, минералов, витаминов и пищевых волокон. Состоящая на 40-60% из высококачественного белка, насыщенного аминокислотами, содержание которого в 2,5 раза больше, чем в мясе, она полностью восполняет потребность организма в нем [1, 2, 8]. В последние годы производство сои стремительно наращивается и этому способствует развитие отрасли животноводства. За последние четырнадцать лет производство сои увеличилось в 6 раз, а посевные площади увеличились в 2,3 раза. По данным аналитиков, введение в рационы сельскохозяйственных животных сои увеличилось в 20-25 раз [1, 4, 6].

Отрасль птицеводства во всех странах стремительно наращивает темпы своего развития. Как подотрасль животноводства она является основным потребителем данного продукта. Соя вводится в состав рационов в виде шротов, концентратов, изолятов, гранулятов и пр. Технологии производства кормовых продуктов из сои стремительно развиваются и совершенствуются. В последние годы была разработана новейшая технология концентрации с грануляцией соевого белка. Установлено, что молодняк более чувствителен к антипитательным компонентам сои, которые в значительной степени удалены в соевом концентрате [2, 5, 7].

В настоящее время для поддержания высокой продуктивности цыплят-бройлеров в рацион вводятся различные кормовые добавки, в том числе с включением продуктов из сои. В связи с этим производители имеют возможность снижать себестоимость продукции птицеводства при сохранении высокого качества и делать ее доступной для потребителя [2, 5, 7, 9, 10]. Наше внимание привлекла новая кормовая добавка для сельскохозяйственных животных, в том числе и птиц, гранулы кормовые протеиновые торговой марки «Протефид» [7, 9].

Целью научно-исследовательской работы явилось изучение влияния добавки «Протефид», из расчета 5-15% в стартовые и ростовые рационы, на гематологические показатели цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследований. Изучение кормовой гранулированной протеиновой негидролизованной добавки на цыплятах-бройлерах проводили в клинике кафедры паразитологии и инвазионных болезней животных УО ВГАВМ согласно схеме опыта, которая представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество голов	Особенности кормления птицы
1-я контрольная	20	Основной рацион (ОР)
2-я опытная	20	ОР с включением 15% соевого концентрата в стартовый и ростовой рацион
3-я опытная	20	ОР с включением 10% соевого концентрата в стартовый и ростовой рацион
4-я опытная	20	ОР с включением 10% соевого концентрата в стартовый рацион, 5% в ростовой рацион

На протяжении эксперимента подопытной птице были обеспечены все оптимальные параметры микроклимата. Температура в птичнике в первые 3-4 дня составляла 32 °С, а затем постепенно ко второй неделе выращивания снижалась до 18-19 °С. Влажность в помещении не превышала 68%. Содержание вредных газов находилось в пределах нормы, так, уровень NH₃ составил 0,01 мг/л, СО₂ – 0,1% и H₂S – 0,004 мг/л. Скорость движения воздуха при использовании приточно-вытяжной системы вентиляции фиксировалась на уровне 0,6-0,8 м/с [3].

Кормовая добавка «Протефид» (производитель ЗАО «Партнер-М», Россия) представляет собой соевый негидролизированный концентрат, который вводится в состав комбикормов в качестве основного высокоперевариваемого источника белка с оригинальным аминокислотным составом (содержание сырого протеина – 50-54%, уровень обменной энергии не ниже 15-16 МДж/кг, перевариваемость сухого вещества – 80-85 %) [7, 9].

Рецепты скормливаемых комбикормов подопытным цыплятам-бройлерам, согласно возрасту птицы, представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Рецепт стартового комбикорма для цыплят-бройлеров

Состав рациона	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Кукуруза	10,0	10,0	10,0	10,0
Пшеница	47,80	47,80	47,80	47,80
Шрот соевый	29,5	14,5	19,5	19,5
Гранулы кормовые «Протефид»	-	15	10	10
Шрот подсолнечниковый	4,0	4,0	4,0	4,0
Мука мясокостная	3,0	3,0	3,0	3,0
Масло подсолнечниковое	2,50	2,50	2,50	2,50
L-лизин моногидрохлорид	0,36	0,36	0,36	0,36
Метионин корм	0,42	0,42	0,42	0,42
Гидрокарбонат натрия	0,25	0,25	0,25	0,25
Соль	0,18	0,18	0,18	0,18
Монокальцийфосфат	1,0	1,0	1,0	1,0
Энрастим	0,02	0,02	0,02	0,02
Мел	0,97	0,97	0,97	0,97
Премикс 1%	1,0	1,0	1,0	1,0
Итого	100	100	100	100

Компанией ЗАО «Партнер-М» был предложен уникальный метод предобработки исходного сырья, заключающийся в предобработке обезжиренной или полуобезжиренной соевой муки, или «белого лепестка», термобаромеханическим методом с получением 3Д-гранул, дальнейшая обработка которых в мягких условиях приводит к получению высококонцентрированных белковых продуктов [6, 7].

Таблица 3 – Рецепт ротового комбикорма для цыплят-бройлеров

Состав рациона	Группа			
	1-я	2-я	3-я	4-я
Кукуруза	10,0	10,0	10,0	10,0
Пшеница	42,60	42,60	42,60	42,60
Ячмень	5,0	5,0	5,0	5,0
Тритикале	5,0	5,0	5,0	5,0
Шрот соевый	20,8	5,8	10,8	15,8
Гранулы кормовые «Протефид»	-	15	10	5
Шрот подсолнечниковый	4,5	4,5	4,5	4,5
Масло подсолнечниковое	3,70	3,70	3,70	3,70
Мука мясокостная	3,5	3,5	3,5	3,5
L-лизин моногидрохлорид	0,25	0,25	0,25	0,25
Метионин корм	0,32	0,32	0,32	0,32
Жир кормовой	1,5	1,5	1,5	1,5
Гидрокарбонат натрия	0,05	0,05	0,05	0,05
Монокальцийфосфат	0,66	0,66	0,66	0,66
Соль	0,16	0,16	0,16	0,16
Мел	0,96	0,96	0,96	0,96
Премикс 1%	1,0	1,0	1,0	1,0
Итого	100	100	100	100

Клинико-физиологическое состояние птицы определяли путем ежедневного осмотра, обращая при этом внимание на ее поведение, аппетит, потребление воды, подвижность, оперение, пигментацию ног, развитие гребня и т. д. На 42-й день эксперимента в каждой группе был проведен отбор проб крови для оценки влияния кормовой добавки на показатели обмена веществ. В полученных образцах крови проводили определение основных морфологических и биохимических показателей крови по общепринятым методикам [6] в отделе научно-исследовательских экспертиз НИИ ПВМиБ УО ВГАВМ с использованием диагностических систем «Сорма». Условия проведения лабораторных испытаний соответствовали требованиям, предъявляемым к выполняемым биохимическим исследованиям: температура – 20,0-21,2°C, влажность – 49,6-54,0%. Взятие крови проводили в утренние часы открытым способом после 24-часовой голодной выдержки. Эвтаназию цыплят-бройлеров и послеубойные операции проводили согласно требованиям ГОСТ Р 52469-2005 «Убой и переработка птицы».

Результаты исследований. Анализ результатов, полученных при оценке общеклинического состояния птицы, показал отсутствие значительных отличий между опытными группами и контрольной. Вся подопытная птица сохраняла активность, аппетит, нарушений в поведении птицы не наблюдалось, клиническое обследование птицы не выявляло отклонений от нормы.

Результаты гематологических показателей цыплят-бройлеров при применении добавки из сои, гранул кормовых концентрированных негидролизированных приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты гематологических показателей цыплят-бройлеров, (M+m)

Показатель	Группа			
	1-я контроль	2-я опытная	3-я опытная	4-я опытная
Количество эритроцитов, $\times 10^{12}/л$	2,68+0,208	2,95+0,172	2,74+0,171	2,85+0,354
Количество лейкоцитов, $\times 10^9/л$	28,39+1,293	31,00+1,539	29,56+0,956	30,07+1,081
Уровень гемоглобина, г/л	107+0,5	107+1,5	114+1,6	131+2,5
Общий белок, г/л	30,40+0,875	30,65+1,045	31,98+0,218	35,48+0,207
Альбумин, г/л	17,96+0,200	19,42+0,725	20,34+0,296	20,91+0,248
Глобулин, г/л	12,44+0,740	11,23+0,522	11,64+0,324	14,57+0,043
Мочевая кислота, мкмоль/л	301,31+0,480	301,50+0,049	324,24+1,2033	329,09+1,061
Глюкоза, мкмоль/л	13,81+0,099	12,84+0,428	12,81+0,432	12,52+0,320
Общий холестерол, мкмоль/л	3,92+0,285	3,38+0,115	3,08+0,120	3,16+0,128
Триглицериды, мкмоль/л	2,37+0,123	2,36+0,0995	2,43+0,201	2,44+0,204
Активность АлАТ, U/L	7,40+0,397	7,45+0,282	6,14+0,248	7,12+0,066
Активность АсАТ, U/L	184,54+4,274	107,52+7,427	103,68+1,198	93,26+3,287
Активность ГГТ, U/L	19,90+1,618	17,30+0,804	16,94+0,465	17,82+0,848

Количество эритроцитов и лейкоцитов у птиц опытных групп и контрольной группы существенной разницы не имело и находилось в пределах нормативных значений. Необходимо отметить более высокий уровень гемоглобина, который был у птиц 4-й опытной группы больше на 22,4%, чем в 1-й и 2-й группах и на 14,9%, чем в 3-й опытной группе. В 3-й опытной группе показатель гемоглобина был выше результатов 1-й и 2-й групп – на 14,9%. При этом отметим, что морфологические показатели крови у птиц всех групп находились на разных уровнях, но в пределах референтных значений.

В ранее проведенных нами исследованиях установлено, что общеклиническое состояние птиц, получавших кормовую добавку «Гранулы кормовые протеиновые торговой марки «Протефид» концентрированные негидролизированные», находилось в пределах физиологической нормы и не позволяет предполагать негативного воздействия добавки на организм опытных птиц, вне зависимости от примененных дозировок [16].

Для более детальной оценки воздействия кормовой добавки на организм цыплят-бройлеров провели оценку основных показателей обмена веществ. Анализ полученных результатов основных метаболитов показывает, что у цыплят-бройлеров 3-й опытной группы содержание общего белка было выше на 5,19%, чем в 1-й контрольной группе и на 4,33% – чем у птицы 2-й опытной группы. У бройлеров 4-й опытной группы содержание общего белка в сыворотке крови превышало контрольные показатели на 16,7% и на 15,75% они были больше, чем у сверстников из 2-й опытной группы.

У цыплят-бройлеров 3-й и 4-й опытных групп отмечалось более высокое содержание альбумина и повышенный уровень мочевой кислоты, по сравнению с цыплятами 1-й контрольной и 2-й опытной группы. Показатель мочевой кислоты в 3-й опытной группе был выше на 7,1%, чем в 1-й и 2-й группах, а в 4-й опытной группе – на 8,4% соответственно. Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что у птиц 3-й и 4-й опытных групп белковый обмен протекал более интенсивно, чем у цыплят из 1-й контрольной и 2-й опытной групп.

Необходимо отметить избыточное содержание глюкозы в сыворотке крови у цыплят всех подопытных групп. При этом у молодняка опытных групп содержание глюкозы было отмечено ниже, чем у сверстников из контроля.

Нами был отмечен более низкий уровень общего холестерина у цыплят опытных групп по сравнению с птицей контроля. Уровень триглицеридов во всех группах находился фактически на одном уровне. На основании выявленной тенденции можно предположить более низкий прессинг на печеночную ткань у цыплят опытных групп.

Метаболические процессы напрямую связаны с активностью ферментативной системы организма. Активность аланинаминотрансферазы (АлАТ) у птиц всех групп практически идентична, при том, что активность аспаратаминотрансферазы (АсАТ) у цыплят опытных групп существенно была ниже, чем у птицы контрольной группы. Активность аспаратаминотрансферазы у цыплят 1-й контрольной группы превышал активность фермента согласно референтным значениям и был выше результатов 2-й и 3-й опытных групп на 41,7% и 43,8% соответственно, а показателей 4-й группы – почти в 2 раза. Это характерно для цыплят, выращиваемых в условиях промышленного птицеводства, – высокая интенсивность обмена веществ. Рост активности АсАТ на фоне нормальной активности АлАТ может быть объяснен более высокой активностью катаболических процессов на фоне недостаточной обеспеченности обменной энергией. Таким образом, у цыплят контрольной группы дефицит обменной энергии был более выражен, чем у цыплят опытных групп.

Заключение. Применение кормовой добавки «Гранулы кормовые протеиновые торговой марки «Протефид» концентрированные негидролизированные» не оказывает негативного воздействия на морфологические и некоторые биохимические показатели крови цыплят-бройлеров. У птицы 3-й опытной группы содержание общего белка было выше, чем в 1-й контрольной и 2-й опытной группах – на 5,19% и 4,33% соответственно, а у бройлеров 4-й опытной группы – на 16,7% и 15,75% соответственно. Показатель мочевой кислоты в 3-й опытной группе был выше на 7,1%, чем в 1-й и 2-й группах, а в 4-й опытной группе – на 8,4% соответственно. Уровень триглицеридов во всех группах находился фактически на одном уровне. Активность АсАТ у цыплят 1-й контрольной группы превышала активность фермента согласно референтным значениям и была выше результатов 2-й и 3-й опытных групп на 41,7% и 43,8% соответственно, а показателей 4-й группы – почти в 2 раза. У бройлеров из 3-й и 4-й опытных групп отмечена высокая интенсивность белковой функции печени, повышенное содержание глюкозы, общего холестерина, а также высокая активность аспаратаминотрансферазы. Однако данные показатели были ниже, чем у цыплят контрольной группы, что указывает на более низкую нагрузку на печеночную ткань. В ранее полученных результатах различных экспериментов побочных явлений и осложнений при применении добавки из сои не выявлено и противопоказаний не установлено. Продукция, полученная от опытной птицы, может использоваться без ограничений.

Conclusion. The use of the soybean feed additive “Concentrated non-hydrolyzed protein feed granules “Protefid” does not have a negative effect on the morphological and some biochemical parameters of the blood in broiler chickens. In the birds of the 3rd experimental group, the total protein content was higher than in the 1st control and 2nd experimental groups – by 5.19% and 4.33%, respectively, and in the broilers of the 4th experimental group – by 16.7% and 15.75%, respectively. The uric acid level in the 3rd experimental group was by 7.1% higher than in the 1st and 2nd groups, and in the 4th experimental group – by 8.4%, respectively. The Triglyceride level in all groups was virtually the same. AST activity in chickens of the 1st control group exceeded the enzyme activity according to the reference values and was higher than the results of the 2nd and 3rd experimental groups – by 41.7% and 43.8%, respectively, and the indicators of the 4th group were almost 2 times higher. In broilers from the 3rd and 4th experimental groups, a high intensity of the liver protein function, an increased content of glucose, total cholesterol, and also a high activity of aspartate aminotransferase was noted. However, these indicators were lower than those of chickens in the control group, which indicates a lower load on the liver tissue. In the previously obtained findings of various experiments, no side effects and complications were identified when using soybean feed additives and no contraindications were established. Products obtained from the poultry under experiments can be used without restrictions.

Список литературы. 1. АГРОинвестор [сайт]. – URL : [WWW: Agroinvestor.ru/markets/nevs](http://WWW:Agroinvestor.ru/markets/nevs) (дата обращения : 12.05.2024). 2. Васильев, В. В. Производство сои и соевых кормовых продуктов в Беларуси / В. В. Васильев, О. В. Лёвкина // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 5–8. 3. Зоогиена : учебник / И. И. Кочиш, Н. С. Калюжный, Л. А. Волчкова, В. В. Нестеров. – Санкт-Петербурге : Лань, 2013. – 464 с. 4. Капитонова, Е. А. Способ повышения продуктивности цыплят-бройлеров в условиях промышленных технологий : рекомендации производству / Е. А. Капитонова. – Витебск : ВГАВМ, 2009. – 19 с. 5. Капитонова, Е. А. Органическое птицеводство и стимуляция мясной продуктивности цыплят-бройлеров / Е. А. Капитонова, П. В. Арефьев, Л. П. Мищенко // Вестник АПК Верхневолжья. – 2021. – № 3 (55). – С. 57–60. 6. Могильный, М. П. Соевые продукты – перспективное сырье для пищевых продуктов / М. П. Могильный, А. М. Могильный // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, № 6. – С. 39–43. 7. Петрова, Ю. В. Опыт применения соевого концентрата «Протефид» в животноводстве / Ю. В. Петрова, Д. Н. Эриванов, М. А. Спивак // Молодой ученый. – 2020. – № 28 (318). – С. 67–68. 8. Подобед, Л. И. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц : монография / Л. И. Подобед, И. В. Брыло, Е. А. Капитонова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 339 с. 9. Эффективность использования гранул кормовых протеиновых концентрированных не гидролизованных в рационах для цыплят бройлеров / М. М. Луговой, Н. В. Хабибулина, Т. М. Бикбов, Е. А. Капитонова // БИО. – 2019. – № 2 (221). – С. 24–25. 10. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 16. – С. 11A–16 E. – DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.

References. 1. AGRInvestor [sajt]. – URL : [WWW: Agroinvestor.ru/markets/nevs](http://WWW:Agroinvestor.ru/markets/nevs) (data obrashcheniya : 12.05.2024). 2. Vasil'ev, V. V. Proizvodstvo soi i soevykh kormovykh produktov v Belarusi / V. V. Vasil'ev, O. V. Lyovkina // Vestnik Belorusskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – 2017. – № 4. – S. 5–8. 3. Zoogigiena : uchebnik / I. I. Kochish, N. S. Kalyuzhnyj, L. A. Volchkova, V. V. Nesterov. – Sankt-Peterburg : Lan', 2013. – 464 s. 4. Kapitonova, E. A. Sposob povysheniya produktivnosti cyplyat-brojlerov v usloviyah promyshlennykh tekhnologij : rekomendacii proizvodstvu / E. A. Kapitonova. – Vitebsk : VGAVM, 2009. – 19 s. 5. Kapitonova, E. A. Organicheskoe pticevodstvo i stimulyaciya myasnoj produktivnosti cyplyat-brojlerov / E. A. Kapitonova, P. V. Aref'ev, L. P. Mishchenko // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2021. – № 3 (55). – S. 57–60. 6. Mogil'nyj, M. P. Soevye produkty – perspektivnoe syr'e dlya pishchevykh produktov / M. P. Mogil'nyj, A. M. Mogil'nyj // Uspekhi sovremennoj nauki. – 2017. – T. 2, № 6. – S. 39–43. 7. Petrova, YU. V. Opyt primeneniya soevogo koncentrata «Protefid» v zhivotnovodstve / YU. V. Petrova, D. N. Erivanov, M. A. Spivak // Molodoy uchenyj. – 2020. – № 28 (318). – S. 67–68. 8. Podobed, L. I. Osobennosti kormleniya sel'skohozyajstvennykh ptic : monografiya / L. I. Podobed, I. V. Brylo, E. A. Kapitonova. – Minsk : IVC Minfina, 2023. – 339 s. 9. Effektivnost' ispol'zovaniya granul kormovykh proteinovykh koncentrirovannykh ne gidrolizovannykh v racionah dlya cyplyat brojlerov / M. M. Lugovoj, N. V. Habibulina, T. M. Bikbov, E. A. Kapitonova // BIO. – 2019. – № 2 (221). – S. 24–25. 10. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Vol. 11, № 16. – S. 11A–16 E. – DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.

Поступила в редакцию 15.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-39-45
УДК 619:616-089.23:632.2

СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПАТОЛОГИЙ КОПЫТЕЦ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВОДИМОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРИВЯЗНОГО СОДЕРЖАНИЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА И КОРОВ

*Крупичин В.В. ORCID ID 0000-0003-2933-8067, **Котарев В.И. ORCID ID 0000-0003-4411-9372,
**Брюхова И.В. ORCID ID 0000-0003-2251-0581

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»,
г. Воронеж, Российская Федерация

**ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии
и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье приведены результаты мониторинговых исследований наиболее распространенных патологий дистального отдела конечностей (копытец) при беспривязном содержании коров. Представлен план циклической организации ветеринарно-ортопедической обработки копытец в стаде и обоснованы результаты последовательной проводимой функциональной и лечебно-ортопедической обработок копытец с описанием наиболее часто встречаемых профессиональных ошибок, допускаемых при осуществлении данной работы. **Ключевые слова:** корова, пальцевый дерматит, болезнь Мортелларо, раствор салициловой кислоты, антибактериальный спрей, технология беспривязного содержания, крупный рогатый скот, аппликация, дистальный отдел конечностей, болезни копытец, молочное животноводство, хромота.*

CURRENT ANALYSIS OF COMMON HOOF PATHOLOGIES AND PECULIARITIES OF THEIR ORTHOPEDIC TREATMENT UNDER CONDITIONS OF LOOSE HOUSING TECHNOLOGY FOR REPLACEMENT CATTLE YOUNG STOCK AND COWS

*Krupitsyn V.V., **Kotarev V.I., **Brukhova I.V.

*FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great",
Voronezh, Russian Federation

**FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of monitoring studies on the most common pathologies of the distal extremities (hooves) under conditions of loose cow housing. A plan for the cyclic organization of veterinary and orthopedic treatment of hooves in a herd is presented and the results of consistent functional and therapeutic-orthopedic treatment of hooves are substantiated by the description of the most common professional errors made in the implementation of this work. **Keywords:** cow, digital dermatitis, Mortellaro disease, salicylic acid solution, antibacterial spray, loose housing technology, cattle, application, distal limbs, hoof diseases, dairy farming, lameness.*

Введение. Для эффективного функционирования современных молочных комплексов требуется слаженная работа специалистов различных направлений агропромышленного комплекса. Роль ветеринарных специалистов состоит в том, чтобы создать условия для реализации генетического потенциала высокопродуктивных животных путем сохранения и поддержания их здоровья.

В современных условиях производства молока возрастает нагрузка на организм высокопродуктивных коров, что технологически создает условия для появления различных нозологий. Например, поражения копыт у животных встречаются сравнительно часто и составляют 15–30% от общей заболеваемости незаразными болезнями и входят в группу одних из самых распространенных заболеваний [2, 5].

Установлено, что патологии крупного рогатого скота, которые связаны с поражением опорно-двигательной системы, в частности дистального отдела конечностей, наносят колоссальные убытки. Изучение многочисленных литературных источников по борьбе с болезнями копытец в молочном скотоводстве позволяет констатировать, что эта проблема не решена и остается одной из актуальных [3, 4].

В результате поражения копыт снижается двигательная активность у коров, и как следствие – ухудшается потребление корма, растет риск нарушения обмена веществ [1, 11].

Основными причинами возникновения болезни конечностей у крупного рогатого скота являются нарушение технологий содержания и кормления, несоблюдение санитарно-гигиенических норм, генетические факторы, а также несвоевременная и неквалифицированная ортопедическая расчистка копытец [6, 8, 10].

Применяемая на многих молочных комплексах система ветеринарно-санитарных мероприятий в отношении ортопедической патологии крупного рогатого скота обладает недостаточной эффективностью, поэтому ее необходимо совершенствовать и разрабатывать более эффективные методы профилактики патологий копытец у коров [7].

Повышение конкурентоспособности производства молока может быть обеспечено эффективной диагностикой и профилактикой распространения болезней дистального отдела конечностей и патологий копыт, а также своевременным лечением животных.

Цель исследований. Исходя из актуальности решаемых вопросов, перед нами была поставлена цель, которая заключалась в изучении распространения наиболее часто встречаемых патологий дистального отдела конечностей при беспривязном содержании животных, а также оценка проводимой ортопедической обработки копыт коров, нетелей и телок.

Для выполнения поставленных исследований решались следующие задачи: провести мониторинговые исследования по распространенности заболеваний дистального отдела конечностей; осуществить ранжирование наиболее распространенных поражений копыт в соответствии с выполняемыми ветеринарными мероприятиями по профилактике и контролю встречаемых нозологических единиц; провести клиническое обследование животных с видимой хромотой, дать оценку хромоты коров в целом по всему поголовью молочного комплекса; сформировать план ветеринарных ортопедических мероприятий в хозяйстве и провести анализ эффективности выполняемой работы, направленной на повышение качества обработки копыт.

Материалы и методы исследований. Научно-производственной базой являлся молочный комплекс с беспривязным содержанием коров в Липецкой области.

В процессе проведения клинико-ортопедической диспансеризации коров осуществляли анализ хромоты по всему поголовью с описанием классификации основных поражений дистального отдела конечностей (копыт) инфекционного и неинфекционного этиологического характера.

Методология исследования дистального отдела конечностей крупного рогатого скота включала:

- постановку и положение задних и передних конечностей;
- характеристику состояния копыт и функциональную их постановку в процессе движения животного, а также во время стоячего положения при оценке габитуса животного;
- описание клинико-морфологических характеристик встречаемых патологий дистального отдела конечностей с выполнением функциональной и лечебно-ортопедических обработок копыт.

Результаты исследований. При оценке стадной хромоты в хозяйстве установлено, что количество хромотных животных составляет 297 голов, или 18,7% и 160 голов, или 10,1% имеют видимую деформацию копыт с различной тяжестью и формой искривления копытцевого рога. Животные с деформацией копыт входят в потенциальную группу риска дальнейшего пополнения уровня стадной хромоты, если срочно не провести внеплановую функциональную обработку копыт. В производственную группу хромотных животных было выделено 95 коров, остальные находились в секциях в соответствии с их физиологическим состоянием и продуктивностью.

Определение уровня стадной хромоты, или числа хромотных животных, осуществлялось в соответствии с оценкой походки коров во время их движения в секцию после доения. Результаты проведенной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка стадной хромоты коров

Оценка, балл	голов	%	Рекомендуется, %		
			хорошо	среднее	плохо
1	1284	81,8	90	80	50
2	155	9,8	20	10	10
3	79	5	5	7	15
4	57	3,6	3	5	10
5	6	0,4	0,1	0,5	1
Количество оцененных коров в стаде					
Средний балл по стаду, \bar{P}_{cp}		2,3	1,5 - 2	2 - 2,5	2,5 – 3,0

Исходя из анализа приведенных в таблице данных, установлено, что общий балл хромоты по стаду – 2,3%, что соответствует среднему уровню стадной хромоты.

В условиях гидравлического станка для обработки копыт было осмотрено и подвергнуто ветеринарной ортопедической обработке 452 головы дойных коров, имеющих характерные признаки патологий копыт и явные клинические признаки хромоты, причиной которой являются различные поражения тканей в области копыт, а также 157 голов ремонтного молодняка и нетелей.

На рисунках 1 и 2 приведены результаты проведенных исследований дойного стада, нетелей и ремонтного молодняка в зависимости от основных встречаемых патологий при проведении клинико-морфологической оценки общего состояния животных и дистального отдела конечностей.

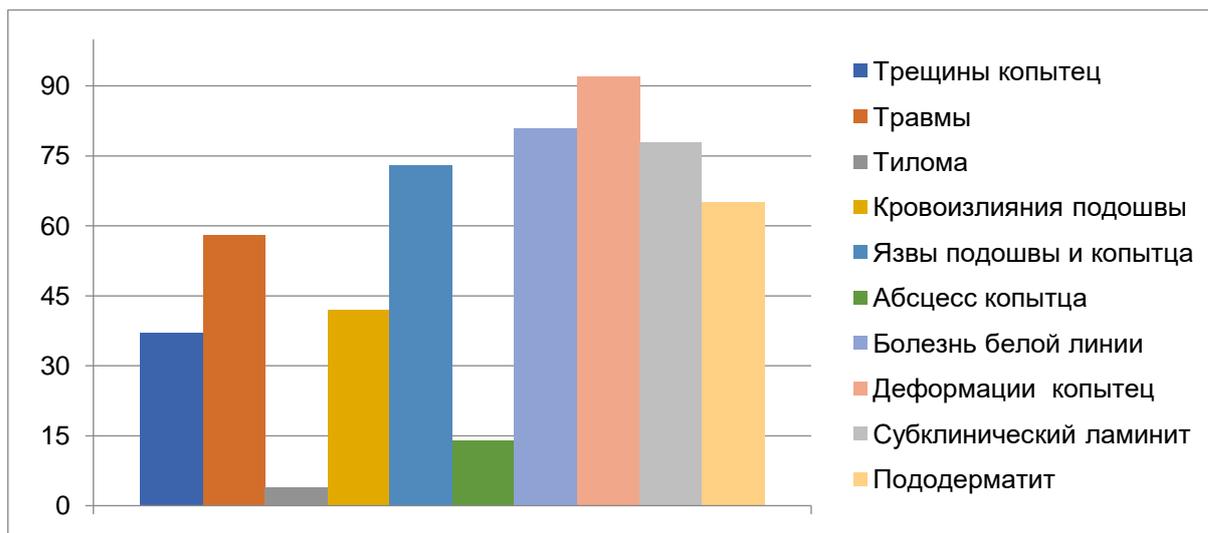


Рисунок 1 – Классификация основных поражений дистального отдела конечностей (копытец) у молочных коров неинфекционного характера, %

К наиболее часто встречаемым поражениям дистального отдела конечностей (копытец) неинфекционного этиологического характера можно отнести: деформации копытец различных видов – около 95%; болезнь белой линии – 81%; субклинический ламинит – 78%; язвы подошвы и копытца – 73%; пододерматиты – 65%; травмы – 58%; кровоизлияния подошвы – 42%; трещины – 37%; абсцесс копытца (некроз дистальной фаланги) – 14%; тилома – 4%.

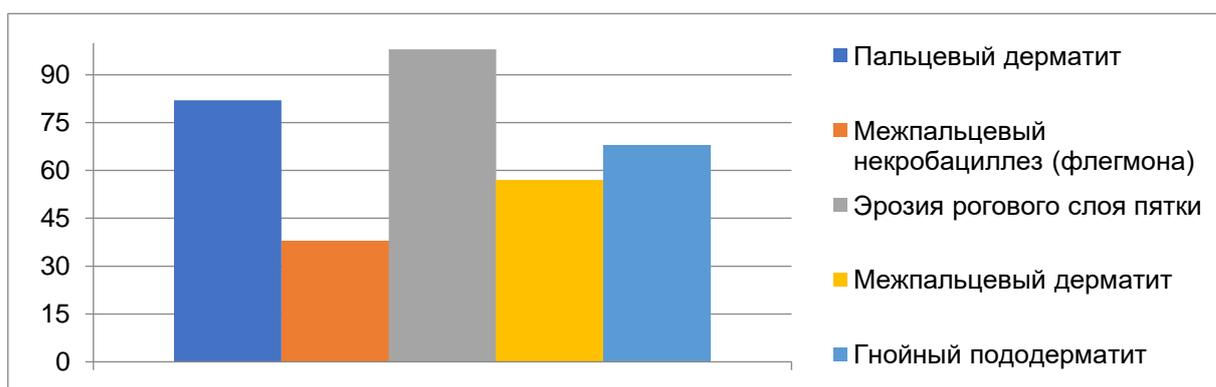


Рисунок 2 – Классификация основных поражений дистального отдела конечностей (копытец) у молочных коров инфекционного характера, %

Наиболее распространенными поражениями дистального отдела конечностей инфекционного характера в условиях технологии беспривязного содержания коров являются: эрозия рогового слоя пятки - 98%; пальцевый дерматит (болезнь Мортелларо) – 82%; гнойный пододерматит – 68%; межпальцевый дерматит – 57%; межпальцевый некробациллез (флегмона) - 38%.

При анализе полученных результатов по распространенности заболеваний дистального отдела конечностей и патологий копытец было определено, что поражения тазовых конечностей превалируют над передними, это также подтверждается рядом авторов проводимых ранее исследований. Установлено, что большинство основных заболеваний носят ассоциативный характер, сопровождаются дополнительными патологиями, что обуславливает коморбидность с осложнением протекания основного патологического процесса. В условиях беспривязного содержания дистальный отдел конечностей подвергается агрессивному воздействию окружающей агрессивной влажной среды и микрофлоры, в особенности тазовый отдел конечностей. Постоянная мацерация кожного покрова дистального отдела конечностей и рогового слоя копытец приводит к появлению различных нозологических единиц и деформаций как единичного, так и комплексного характера неинфекционной и инфекционной этиологии.

Можно отметить, что большинство патологий тканевых структур в области копытец преимущественно протекают с наличием эрозии пятки в виде разрушения рогового слоя с характерными бороздчатыми углублениями различной глубины. Например, межпальцевый дерматит

сопровождается влажным экссудативным воспалением кожи межпальцевого пространства с образованием, в зависимости от тяжести процесса, V-образных канавок в области пятки с покрытой черно-коричневой эрозией, в дальнейшем этот процесс может привести к обнажению кориума, что затрудняет проведение быстрой функциональной обработки и усугубляет поражения тканевых структур.

В соответствии разработанным планом по ортопедической обработке крупного рогатого скота на молочном комплексе проводится регулярно плановая расчистка и обрезка копытцев согласно разработанным ветеринарным мероприятиям. План функциональной обработки копытцев коров носит в хозяйстве циклический характер: 1-я обработка проводится в течение 1-1,5 недели после отела; 2-я обработка – через 130-140 дней после отела; 3-я обработка проводится в начальном сухостойном периоде после запуска. При имеющихся патологиях копытцев в виде удлиненной формы проводится внеплановая обрезка как у коров, так и у нетелей за 6 недель до предполагаемого отела. Ремонтный молодняк и нетели не входят в группу плановой обработки копытцев, обработка проводится как исключение, в зависимости от их поражения.

Разработанный план проводимой ветеринарной ортопедической работы направлен на обеспечение условий, при которых животные меньше испытывали стрессовые нагрузки вследствие проводимой работы, что должно обеспечить минимальные потери получаемого молока и отсутствие риска внутриутробного травмирования плода или вызываемого абортного состояния у стельных коров.

Многими авторами по решению данной проблемы определено, что эффект функциональной обработки копытцев длится около 4 месяцев при учете того, что в среднем удлинение роговой стенки копытца при нормальном ее отрастании составляет 5-7 мм в месяц при условии относительно благоприятного технологического содержания и кормления животного.

В процессе проводимой работы совместно с ветеринарными специалистами была проведена ортопедическая обработка копытцев животных, имеющих различные патологии. Ортопедическая обработка копытцев проводилась в соответствии с распространенным голландским пятишаговым методом, который является основным применительно функциональной их обрезке. Осуществляемая функциональная обработка копытцев направлена на: восстановление правильной длины; правильной биомеханики или балансировки распределения нагрузки на копытца массы тела животного; исправление поражений (деформаций) копытцев.

При патологических поражениях копытцев проводили лечебно-ортопедическую обработку и назначали избирательно дальнейшее лечение животного до полного выздоровления. Условием эффективной лечебно-ортопедической расчистки копытцев является удаление на них патологических участков до здоровых тканевых структур, а также создание максимальных условий для снижения нагрузки массы тела с пораженного копытца. После проведенной правильной расчистки копытца на пораженном участке регенеративный процесс тканей должен быть направлен на их заживление раневого участка и обеспечить выздоровление животного.

Одной из ошибок ветеринарных специалистов является недостаточно полно проводимая расчистка пораженного участка. После проведенной такой работы процесс выздоровления отсутствует, и процесс заживления пораженной или недостаточно обработанной области не происходит. На рисунке 3 приведены результаты неправильно (а) и правильно (б) проведенной лечебно-ортопедической расчистки подошвенной части аксиальной стенки копытца.



Рисунок 3 – Проведение лечебно-ортопедической расчистки копытцев у КРС

На рисунке 3-а представлены результаты не полностью проведенной расчистки пораженного участка копытца, которая не решила проблемы хромоты у животного, так как она была проведена недостаточно эффективно. После проведенной таким образом расчистки была наложена аппликация с лечебным раствором и нанесена бинтовая повязка. Повторный клинический осмотр показал, что оставшаяся некротизированная часть не позволила сформировать

здоровую грануляционную ткань плотной консистенции и создать условия снижения болезненной чувствительности с уменьшением хромоты животного и обеспечить его выздоровление, несмотря на то, что была нанесена аппликация с активнордействующим лечебным веществом. После проведенной дополнительной расчистки копыльца (рисунок 3-б) процесс выздоровления протекал интенсивно с образованием здоровой раневой грануляции и формированием сухого струпа. Как показали наблюдения за животным, спустя неделю хромота не наблюдалась. Бинтовая повязка и лечебная аппликация не накладывались.

При некоторых патологиях необходимым условием является нанесение ортопедической бинтовой повязки с активнордействующим лечебным веществом или без него, но с обязательной санацией раны. Например, при таких заболеваниях как пальцевый дерматит, межпальцевый некробациллез нанесенную повязку необходимо снимать через 3 суток.

При проведении ортопедических работ применительно гнойного пододерматита копытец, многие ветеринарные специалисты рекомендуют после расчистки гнойно-некротических поражений копытец применять различные мази, простые или сложные порошки и далее наносить бинтовую повязку на рану и проводить курс лечения до полного выздоровления. Как показала практика, данный метод эффективен, но трудоемкий в условиях поточной обработки копытец животных, а в некоторых случаях может привести к осложнению раневой патологии.

Например, при решении проблемы гнойного пододерматита в группе животных нами осуществлялась ортопедическая обработка пораженных копытец в соответствии с правилами лечебной ортопедической их обработки. Главным условием считалось отсутствие нанесения бинтовых повязок на рану после проведенной расчистки, в крайних избирательных случаях наносили аппликации и фиксировали бинтовой повязкой, а также полная расчистка пораженных тканевых некротических участков с удалением «карманов», или «пазух» (см. рисунок 3-а). Раневой участок обрабатывали после проведенной работы 3% раствором перекиси водорода и аэрозольным антисептическим препаратом по типу «Раносепт».

Как показали результаты проводимой такой лечебно-ортопедической обработки с наличием патологий копытец, таких как язвы подошвы и копыльца, двойная подошва, гнойные пододерматиты, процесс выздоровления протекал с образованием сухой «корочки», или струпа, и формированием раневой грануляции со снижением интенсивности хромоты, исходя из состояния животного.

Заключение. Одним из условий правильно проведенной ортопедической работы является выполнение последовательной функциональной обработки копытец в соответствии с анатомо-морфологическим их строением и обеспечением правильной биомеханики с задачей предотвращения некорректного действия, которое может спровоцировать появление хромоты у животного из-за профессиональной ошибки, вследствие которой можно увеличить уровень стадной хромоты или причинить больше вреда животному, чем при невыполнении проводимой ортопедической работы. Лечебно-ортопедическая обработка, или лечебная обрезка, заключается в выявлении повреждений при дальнейшем удалении тех тканевых структур, которые не способствуют процессу выздоровления локального раневого участка, а также созданию условий для облегчения животному боли, приходящейся на больную конечность.

Применение фармакологических препаратов общего и местного действия должно проводиться избирательно, как и нанесение бинтовых повязок, исходя из правильно поставленного диагноза и проводимой работы, а также дальнейшего назначаемого лечения.

Таким образом, целенаправленный контроль по распространению ортопедических патологий и их предотвращение в условиях беспривязного содержания коров при решении проблем по предупреждению появления хромоты животных или ее снижению в стаде должен носить комплексный характер в соответствии с технологическими решениями хозяйственно-управленческого характера и эффективного ветеринарного обслуживания животных.

Создаваемые условия окружающей среды при проектировании и постройке современных типовых животноводческих молочных комплексов путем введения в эксплуатацию производственных зданий имеют неодинаковый уровень распространения заболеваний копыт, а также выбраковки животных по этой причине, где она тоже относительно из-за числа наличия неконтролируемых факторов риска, оказывающих влияние на этот показатель. Исходя из актуальности данной проблемы, необходимо провести систематизацию нозологических единиц дистального отдела конечностей и патологий копытец, направленную на обеспечение контроля, диагностики, предупреждения и их лечения применительно современных молочных комплексов, обеспечивающих эффективное ведение молочного скотоводства. Также необходимым условием эффективной профилактики болезней копыт и качества функциональной обработки считается облегчение физического труда ветеринарным специалистам-ортопедам путем внедрения полезных моделей, обеспечивающих максимальную механизацию процесса обработки копытец при минимизации задействованного ручного физического труда, что положительно должно отражаться и на количестве обрабатываемых животных.

Ветеринарный специалист должен активно находить и контролировать все факторы риска в хозяйстве, которые способствуют распространению данных нозологий, вплоть до изменения некоторых технологических условий, которые являются причиной появления заболеваний дистального отдела конечностей и различных патологий копытцев.

Conclusion. One of the conditions for properly performed orthopedic work is the implementation of consistent functional treatment of hooves in accordance with their anatomical and morphological structure and ensuring correct biomechanics with the task of preventing incorrect action that can provoke the appearance of lameness in an animal due to a professional error. As a result of which it is possible to increase the level of herd lameness or cause more harm to the animal than if the orthopedic work is not performed. Therapeutic-orthopedic treatment or therapeutic trimming involves identifying an injury followed by the removal of those tissue structures that do not promote the healing process in the local wound area, as well as creating conditions to relieve the pain in the ailing part of the foot.

The use of pharmacological drugs of general and local action should be carried out selectively, as well as the application of bandage dressings that should base on the correct diagnosis and the work performed, the same refers to the course of treatment to be prescribed. Thus, targeted control over the spread of orthopedic pathologies and their prevention in conditions of loose housing of cows when solving problems of preventing lameness of animals or its reduction in the herd, should be comprehensive and in accordance with technological solutions of economic and managerial nature and effective veterinary care of animals.

The environmental conditions created by the design and construction of modern typical livestock dairy complexes by putting into operation production buildings bring about a different rate of hoof disease spreading, the same with the culling of animals, a number of uncontrolled risk factors also contributes to the level of hoof disease spreading. Based on the relevance of this problem, it is necessary to systematize the nosological units of the distal foot and hoof pathologies aimed at ensuring control, diagnosis, prevention and treatment under conditions of modern dairy complexes that ensure effective dairy farming. Facilitating the physical labour of veterinary orthopedic specialists and the improvement of the quality of functional treatment are also considered as a necessary condition for effective prevention of hoof diseases. This should be performed through the introduction of useful models that ensure maximum mechanization of the hoof treatment process while minimizing the manual physical labor involved, which will also have a positive impact on the number of animals treated.

A veterinary specialist must actively detect and control all risk factors on the farm that contribute to the spread of these nosologies including changes in certain technological conditions that cause distal limb diseases and various hoof pathologies.

Список литературы. 1. Агеева, М. Д. Влияние первопричин основных заболеваний копытцев крупного рогатого скота на молочном предприятии АО «Плем.завод «Трудовой»» / М. Д. Агеева, И. И. Калужный // Проблемы пути развития ветеринарной и зоотехнических наук : Международная научно-практическая конференция. – Саратов, 2022. – С. 22–27. 2. Бадова, О. В. Анализ заболеваний опорно-двигательного аппарата у крупного рогатого скота в животноводческом комплексе / О. В. Бадова, А. П. Мурашова, М. Д. Бадоев // Актуальные вопросы развития аграрного сектора экономики Байкальского региона : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Улан-Уде, 2021. – С. 277–281. 3. Бегунов, В. С. Особенности профилактики заболеваний копытцев молочного скота на промышленных комплексах / В. С. Бегунов, В. И. Бородулина // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2022. – №2 (45). – С. 50–54. 4. Гагарин, Е. М. Ортопедические патологии крупного рогатого скота и их влияние на основные производственные показатели / Е. М. Гагарин, Л. А. Глазунова, В. О. Цыганок // Вестник Бурятской ГСА им. В.Р. Филлипова. – 2020. – №2 (59). – С. 61–68. 5. Роль и место болезней конечностей в суммарной патологии молочного скота / П. А. Горбунов, С. В. Фуфлыгина, Д. А. Буров [и др.] // Вестник Нижегородской СХА. – 2021. – №1 (29). – С. 71–75. 6. Журба, В. А. Распространения и этиология болезней пальцев у коров / В. А. Журба, О. В. Кирдан, М. Хамие // Ветеринарная медицина в XXI веке: роль биотехнологий и цифровых технологий : материалы Международной научно-практической конференции. – Витебск-Саморканд, 2021. – С. 268–271. 7. Профилактика патологий копытцев в условиях интенсивного производства молока / В. В. Землянкин, И. В. Ненашев, А. М. Семиволос // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 5. – С. 47–51. 8. Заболевания копытцев у крупного рогатого скота / А. С. Красноперов, Е. М. Марьин, Е. А. Забродин [и др.] // БИО. – 2020. – №7 (238). – С. 26–33. 9. Долголетие высокопродуктивных коров / О. В. Латышева // Эффективная животноводство. – 2020. – №1 (158). – С. 21–22. 10. Сайтханов, Э. О. Ортопедическая диспансеризация коров и анализ эффективности ветеринарно-санитарных мероприятий по профилактике болезней копытцев / Э. О. Сайтханов, Д. С. Беседин // Вестник Рязанского АТУ им. П. А. Костычева. – 2019. – №2 (42). – С. 156–161. 11. Худоёрова, Ф. А. Проблемы заболевания копыт высокопродуктивных коров и меры профилактики / Ф. А. Худоёрова, Х. А. Хамдамов // Теория и практика современной науки : Международная научно-практическая конференция. – Пенза, 2020. – С. 139–142.

References. 1. Ageeva, M. D. Vliyanie pervoprishin osnovnykh zabolevanij kopytec krupnogo roगतого skota na molochnom predpriyatii АО «Plem.zavod «Trudovoj»» / M. D. Ageeva, I. I. Kalyuzhnyj // Problemy puti razvitiya veterinarnoj i zootekhnicheskikh nauk : Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. –

Saratov, 2022. – S. 22–27. 2. Badova, O. V. Analiz zabolevanij oporno-dvigatel'nogo apparata u krupnogo rogatogo skota v zhivotnovodcheskom komplekse / O. V. Badova, A. P. Murashova, M. D. Badov // Aktual'nye voprosy razvitiya agrarnogo sektora ekonomiki Bajkal'skogo regiona : materialy Vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii. – Ulan-Ude, 2021. – S. 277–281. 3. Begunov, V. S. Osobennosti profilaktiki zabolevanij kopytec molochnogo skota na promyshlennyh kompleksah / V. S. Begunov, V. I. Borodulina // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. – 2022. – №2 (45). – S. 50–54. 4. Gagarin, E. M. Ortopedicheskie patologii krupnogo rogatogo skota i ih vliyanie na osnovnyye proizvodstvennye pokazateli / E. M. Gagarin, L. A. Glazunova, V. O. Cyganok // Vestnik Buryatskoj GSA im. V.R. Fillipova. – 2020. – №2 (59). – S. 61–68. 5. Rol' i mesto boleznej konechnostej v summarnoj patologii molochnogo skota / P. A. Gorbunov, S. V. Fulygina, D. A. Burov [i dr.] // Vestnik Nizhegorodskoj SKHA. – 2021. – №1 (29). – S. 71–75. 6. ZHurba, V. A. Rasprostraneniya i etiologiya boleznej pal'cev u korov / V. A. ZHurba, O. V. Kirdan, M. Hamie // Veterinarnaya medicina v XXI veke: rol' biotekhnologii i cifrovih tekhnologii : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Vitebsk-Samorkand, 2021. – S. 268–271. 7. Zemlyankin, V. V. Profilaktika patologij kopytec v usloviyah intensivnogo proizvodstva moloka / V. V. Zemlyankin, I. V. Nenashev, A. M. Semivolos // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. – 2022. – № 5. – S. 47–51. 8. Zabolevaniya kopytec u krupnogo rogatogo skota / A. S. Krasnoperov, E. M. Mar'in, E. A. Zabrodin [i dr.] // BIO. – 2020. – №7 (238). – S. 26–33. 9. Latysheva, O. V. Dolgoletie vysokoproduktivnyh korov / O. V. Latysheva // Effektivnoe zhivotnovodstvo. – 2020. – №1 (158). – S. 21–22. 10. Sajthanov, E. O. Ortopedicheskaya dispanserizaciya korov i analiz effektivnosti veterinarno-sanitarnyh meropriyatij po profilaktike boleznej kopytec / E. O. Sajthanov, D. S. Besedin // Vestnik Ryazanskogo ATU im. P. A. Kostycheva. – 2019. – №2 (42). – S. 156–161. 11. Hudoyorova, F. A. Problemy zabolevaniya kopyt vysokoproduktivnyh korov i mery profilaktiki / F. A. Hudoyorova, H. A. Hamdamov // Teoriya i praktika sovremennoj nauki : Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – Penza, 2020. – S. 139–142.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-45-50
УДК 619:618.19-002:612.664:615

ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРА ВОССТАНОВЛЕННОГО НАНОСЕРЕБРА ПРИ СУБКЛИНИЧЕСКОМ МАСТИТЕ У КОРОВ

***,**Павленко О.Б. ORCID ID 0000-0001-9086-9241, ***Манжурина О.А. ORCID ID 0000-0003-0147-8965, *Зимников В.И. ORCID ID 0000-0002-6371-7143, **Фальков В.А. ORCID ID 0009-0007-0411-9278**
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБОУВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты изучения влияния раствора восстановленного наносеребра на молочную железу здоровых и больных маститом коров и возбудителей мастита коров, а также эффективность лечения субклинического мастита коров этим препаратом. Из секрета пораженных долей молочной железы коров выделена микрофлора, представленная грамположительными кокками, которые были чувствительны к тетрациклинам, бета-лактамам антибиотикам и фторхинолонам. Установлено, что раствор с наночастицами серебра не оказывает раздражающего действия на молочную железу, приводит к снижению количества соматических клеток в секрете больных субклиническим маститом коров, почти в 5 раз, обладает наибольшей терапевтической эффективностью в соотношении 1:4 (1,0 мл раствора, разбавленный в 4,0 мл теплого изотонического раствора натрия хлорида). **Ключевые слова:** коровы, мастит, микрофлора, наночастицы серебра.*

USE OF RECOVERED NANOSILVER SOLUTION FOR BOVINE SUBCLINICAL MASTITIS

***,**Pavlenko O.B., ***Manzhurina O.A., *Zimnikov V.I., **Falkov V.A.**
*FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation
**FSBEI HE "Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of a study on the effect of a recovered nanosilver solution on the mammary gland of healthy cows, cows with mastitis and pathogens of bovine mastitis, as well as the efficacy of treating subclinical mastitis in cows with this drug. Microflora represented by gram-positive cocci, which were sensitive to tetracyclines, beta-lactam antibiotics and fluoroquinolones, was isolated from the secretion of the affected lobes of the mammary gland of cows. It has been found that the solution with silver nanoparticles does not irritate the mammary gland, leads to a decrease in the number of somatic cells in the secretion of cows with subclinical mastitis by almost 5 times, possesses the greatest therapeutic efficacy in a ratio of 1:4 (1.0 ml of solution diluted in 4.0 ml of warm isotonic sodium chloride solution). **Keywords:** cows, mastitis, microflora, silver nanoparticles.*

Введение. Воспаление молочной железы (мастит) наносит огромный экономический ущерб молочному скотоводству, который выражается в ухудшении товарного качества молока,

снижением продуктивности и несвоевременной выбраковкой генетически ценных коров, значительными затратами на лечение животных [1, 2, 3].

Одной из основной причин, вызывающей развитие мастита, являются микроорганизмы, в настоящее время выделено более 135 видов возбудителей мастита. Мастит считается наиболее распространенной причиной неизбирательного применения антибиотиков, что приводит к неэффективности лечения, увеличению затрат на лечение и развитие резистентности к противомикробным препаратам [5, 9].

По данным многих ученых и Всемирной молочной ассоциации, ежегодно переболевает маститом от 20 до 50% высокопродуктивных коров [1, 2].

В большинстве случаев на фоне раздражения тканей вымени происходит проникновение и размножение различных микроорганизмов, преимущественно золотистого стафилококка, агалактийного и дисгалактийного стрептококков, грибов, микоплазм, вирусов и др., которые выделяются из его секрета в виде смешанных культур или ассоциаций [5].

При воспалительном процессе в вымени увеличивается число соматических клеток в результате чего происходит изменение состава и биохимических свойств секрета молочной железы [4, 12].

В настоящее время при терапии мастита у коров используют широкого спектра действия различные антибиотики. Ветеринарным специалистам необходимо рационализировать и свести к минимуму их использование. В условиях снижения адаптивных возможностей макроорганизма, повышения вирулентных свойств микроорганизмов, актуальным является разработка и апробация новых препаратов, обладающих комплексом положительных свойств, позволяющих повысить уровень ветеринарного обслуживания животных при воспалении вымени и тем самым пролонгировать период сохранения в стаде маточного поголовья. Особое место в этом направлении должно принадлежать альтернативным средствам, в том числе и препаратам на основе наносеребра [10].

Для достижения этой цели изучаются новые препараты, воздействующие на молочную железу, но необходимо учитывать возможное негативное действие на качество молока [9].

В последнее десятилетие наблюдается экспоненциальный рост в фундаментальных и прикладных областях науки, связанный с синтезом наночастиц благородных металлов, изучением их свойств и практическим применением. Наночастицы серебра обладают редким сочетанием ценных физико-химических качеств [5, 11].

Большое внимание уделяется функциональной активности наночастиц серебра, с точки зрения, как бактерицидных, так и бактериостатических свойств. Кроме того, серебро обладает иммуномодулирующими свойствами, значительно повышает специфическую защиту организма, особенно при ослаблении иммунитета [11, 12].

Цель исследования – изучить возможность применения раствора восстановленного наносеребра для лечения субклинического мастита у лактирующих коров, определение дозы, действие его на ткани молочной железы, видовой состав микроорганизмов, их антибиотикочувствительность.

Материалы и методы исследований. Были проведены 3 серии опытов. В первой серии опытов по изучению этиологической структуры субклинического мастита у коров материалом исследования служили пробы молока от больных субклиническим маститом, не подвергавшихся лечению ($n=10$). Определение общей обсемененности молока, выделение и идентификацию культур микроорганизмов проводили в лаборатории Центра биотехнологических исследований ПИШ «Агроген» Воронежского ГАУ согласно методическим указаниям по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров (М., 1983) [6]. Чувствительность выделенной микрофлоры определяли диско-диффузионным методом, и интерпретация значений диаметров зон задержки роста выполнена согласно методическим указаниям по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам (М., 2004) [7].

Во второй серии опытов по определению оптимальной лечебной дозы раствора восстановленного наносеребра и кратности применения исследования проведены на 30 лактирующих коров, больных субклиническим маститом. Из них сформировали 3 группы по принципу аналогов численностью по 10 голов каждая. В группы включили коров одинакового возраста, продуктивности, периода лактации. Животным опытных групп внутрицистернально вводили раствор восстановленного наносеребра, разведенного на теплом стерильном изотоническом растворе натрия хлорида с соблюдением правил асептики в соотношении 0,5:4,5; 1:4; 2:3 в течение 5 дней. В ходе опыта учитывали состояние долей вымени и характер секрета. Результаты лечения учитывали путем постановки реакции молока из леченых долей с *KerbaTest* на 5-е сутки после введения раствора с наночастицами серебра.

В третьей серии опытов ($n=10$) изучили действие раствора восстановленного наносеребра на ткани здоровой и пораженной субклиническим маститом молочной железы при интрацистернальном применении раствора в соотношении 1:4. Для опыта отобрали 5 здоровых и 5

больных субклиническим маститом коров с поражением по одной доле молочной железы. Испытуемую дозу раствора с соблюдением правил асептики применяли внутрицистернально пятькратно в здоровые (I опытная группа) и пораженные (II опытная группа) субклиническим маститом доли вымени. Контролем служили симметричные здоровые доли вымени, в которые препарат не вводили. О действии раствора восстановленного наносеребра на ткани молочной железы судили по наличию (отсутствию) местной воспалительной реакции, изменению органолептических свойств секрета, изменению содержания соматических клеток в секрете, которое определяли по методу Прескотта-Брида в следующие сроки: до введения и через 24, 48, 72, 96 и 240 ч.

Результаты исследований. Для выбора эффективной антибактериальной терапии коров, больных маститом, изучен видовой состав микрофлоры, вызвавшей заболевание, ее чувствительности к антибактериальным препаратам.

По результатам микробиологического исследования показатель общей микробной обсемененности (ПМО) молока составил $1,43 \times 10^6 \pm 0,067$ КОЕ/мл. Из 10 проб молока было изолировано 15 штаммов микроорганизмов, в том числе стафилококки - 11 культур (73,3%) и стрептококки - 4 (26,7%). Результаты бактериологических исследований секрета вымени коров представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество микроорганизмов в молоке больных субклиническим маститом коров

Показатель	Значение показателя
Степень микробной контаминации, КОЕ/мл	$1,43 \times 10^6 \pm 0,067$
Изолированные микроорганизмы	
<i>Staph. Aureus</i> , %	43,30
<i>Staph. Epidermidis</i> , %	30,0
<i>Str. Agalactiae</i> , %	26,7

По величине зон задержки роста испытуемых культур на поверхности мясопептонного агара все штаммы подразделили на 3 группы: чувствительные, чувствительные при увеличенной экспозиции, резистентные.

Материалы по определению чувствительности выделенных из молока штаммов микроорганизмов к испытуемым антибиотикам представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Чувствительность микрофлоры секрета из долей, пораженных субклиническим маститом, к антибиотикам

Антибиотик	Чувствительность культур		
	<i>Staph. aureus</i>	<i>Staph. epidermidis</i>	<i>Str. agalactiae</i>
стрептомицин	Ч	У	Р
тетрациклин	Ч	Ч	Ч
бензилпенициллин	Ч	Ч	Ч
ампициллин	Ч	Ч	Ч
цефтриаксон	Ч	Ч	Ч
ципрофлоксацин	Ч	У	Ч
доксциклин	Ч	Ч	Ч
цефтазидим	Ч	Р	Р

Примечания: Ч – чувствительные, У – Чувствительный при увеличенной экспозиции, Р – резистентные.

Установлено, что культуры золотистого стафилококка (*Staph. aureus*) были чувствительны к тетрациклину, бензилпенициллину, ампициллину, цефтриаксону, ципрофлоксацину, стрептомицину, доксициклину, цефтазидиму.

Исследованные культуры эпидермального стафилококка (*Staph. epidermidis*) имели чувствительность к тетрациклину, бензилпенициллину, ампициллину, цефтриаксону и доксициклину, малочувствительны к стрептомицину и ципрофлоксацину и нечувствительны к цефтазидиму.

Стрептококк агалактийный (*Str. agalactiae*) имел высокую чувствительность к бензилпенициллину, ампициллину, цефтриаксону доксициклину и был резистентным к стрептомицину и цефтазидиму.

Из 11 испытанных штаммов 10 (90,9%) оказались чувствительными ко всем испытуемым антибиотикам, особенно низкая чувствительность у стафилококков была к цефтазидиму - антибиотику из группы цефалоспоринов III поколения.

Среди испытанных штаммов стрептококков только 1 изолят (25,0%) был нечувствителен к цефтазидиму. Остальные штаммы стрептококков были малочувствительны к стрептомицину, чувствительны к тетрациклину и ципрофлоксацину, ампициллину, цефтриаксону, доксицилину.

Следует отметить, что ни один из штаммов стафилококков, стрептококков, выделенных из пораженных долей вымени, не обладал высокой чувствительностью к стрептомицину. Штаммы стафилококков, стрептококков, выделенные из секрета пораженных долей вымени, оказались наиболее чувствительными к тетрациклину, бензилпенициллину, ампициллину, цефтриаксону, ципрофлоксацину.

Результаты анализа чувствительности грамположительных кокков, изолированных из молока коров, к различным группам антибактериальных препаратов показал, что рациональное использование антибиотиков для санации молочной железы требует практически индивидуального подхода, что как технически, так и экономически практически невыполнимая задача.

Мы провели поисковые исследования по использованию раствора восстановленного наносеребра, который обладает противовоспалительным и антибактериальным эффектом с целью изучения перспективы его использования для лечения мастита коров.

Было изучено терапевтическое действие различных концентраций растворов на физрастворе восстановленного наносеребра на трех группах животных: 1-я - 0,5:4,5, 2-я - 1,0:4,0, 3-я - 2,0:3,0. Проведенными исследованиями установлено, что терапевтический эффект был получен после интрацистернального введения раствора восстановленного наносеребра во 2-й группе (1:4). Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Определение оптимальной дозы раствора с наночастицами серебра

Группы коров	Доза препарата (соотношение)	Подвергнуто лечению		Излечено			
				коров		долей	
		коров	долей	кол-во	%	кол-во	%
1-я	0,5:4,5	10	10	5	50,0	5	50,0
2-я	1,0:4,0	10	10	7	70,0	7	70,0
3-я	2,0:3,0	10	10	7	70,0	7	70,0

Уменьшение дозы вводимого раствора в 1-й группе (0,5:4,5) привело к снижению на 20,0% количества выздоровевших животных и количества излеченных долей. Увеличение концентрации раствора в 2 раза в 3-й группе не привело к увеличению числа излеченных животных и пораженных долей.

Интрацистернальное применение раствора с наночастицами серебра с целью изучения его влияния на здоровые и пораженные ткани молочной железы коров ни в одном случае не вызывало местной воспалительной реакции и изменения органолептических свойств секрета. Подсчет количества соматических клеток в 1,0 мл секрета до введения раствора показал, что в секрете здоровых долей вымени среднее содержание клеток не превышало 280 тыс./мл. На протяжении опыта количество соматических клеток в секрете здоровых опытных и контрольных долей вымени оставалось в пределах нормы ($p > 0,05$), хотя абсолютное их содержание снизилось по отношению к исходному уровню. Полученный в ходе опыта цифровой материал обобщен в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика соматических клеток в молоке здоровых и больных коров после интрацистернального введения раствора с наночастицами серебра

Группы	Физиологическое состояние	Количество долей (n)	до введения раствора	Содержание соматических клеток (млн/мл)				
				после интрацистернального введения раствора спустя, ч				
				24	48	72	96	240
1-я	Здоровые коровы	5	0,280± 0,066*	0,300± 0,084	0,228± 0,077	0,192± 0,075	0,156± 0,035	0,152± 0,044*
2-я	Коровы с суб-клини. маститом Больные доли	5	1,610± 0,221**	1,302± 0,189	0,621± 0,177	0,301± 0,098	0,310± 0,099	0,280± 0,051**
	Коровы с суб-клини. маститом Здоровые доли (интактные)	10	0,250± 0,072	0,260± 0,055	0,232± 0,077	0,244± 0,063	0,266± 0,038	0,214± 0,047

Примечания: * $p > 0,05$; ** $p < 0,001$.

Интрацистернальное введение раствора с наночастицами серебра в доли вымени, пораженные субклиническим маститом (2-я группа), привело к снижению количества соматических клеток в секрете в первые трое суток почти в 5 раз. На десятый день содержание соматических клеток в секрете стабилизировалось и не отличалось от такового показателя здоровых долей вымени ($p < 0,001$).

Заключение. Из секрета пораженных долей молочной железы коров выделена микрофлора, в основном представленная грамположительными кокками, которые были чувствительны к тетрациклинам, бета-лактамам антибиотикам и фторхинолонам, что подтверждает инфекционный характер маститов. Возникновение и расширение устойчивости микроорганизмов к антибиотикам делает необходимым наличие альтернативных противоинфекционных средств, среди которых представляют интерес препараты с наночастицами серебра. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что раствор с наночастицами серебра не оказывает раздражающего действия на молочную железу, приводит к снижению количества соматических клеток в секрете почти в 5 раз и может быть использован для интрацистернального введения, обладает наибольшей терапевтической эффективностью в соотношении 1:4 (1,0 мл раствора, разбавленного в 4,0 мл теплого стерильного изотонического раствора натрия хлорида с соблюдением правил асептики). Дальнейшее изучение применения препаратов с наночастицами серебра в условиях молочных ферм как альтернативны химиотерапевтическим антибактериальным препаратам направлено на обеспечение получения экологически чистой продукции, свободной от остаточных количеств антибиотиков.

Conclusion. Microflora isolated from the secretion of the affected lobes of the mammary gland of cows consisted mainly of gram-positive cocci that were sensitive to tetracyclines, beta-lactam antibiotics and fluoroquinolones, which confirmed the infectious nature of mastitis. The emergence and expansion of microorganism resistance to antibiotics necessitates the availability of alternative anti-infective agents, among which drugs with silver nanoparticles are of interest. The results of the studies indicate that the solution with silver nanoparticles does not irritate the mammary gland, reduces the number of somatic cells in the secretion by almost 5 times and can be used for intracisternal administration, has the highest therapeutic efficiency in a ratio of 1:4 (1.0 ml of solution diluted in 4.0 ml of warm sterile isotonic sodium chloride solution in compliance with aseptic rules). Further study of the use of preparations with silver nanoparticles at dairy farms as an alternative to chemotherapeutic antibacterial drugs is aimed at ensuring the production of environmentally friendly products free from residual amounts of antibiotics.

Список литературы. 1. Букина, Ю. А. Антибактериальные свойства и механизм бактерицидного действия наночастиц и ионов серебра / Ю. А. Букина, Е. А. Сергеева // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15, № 14. – С. 170–172. – EDN PCNUFJ. 2. Антибиограмма возбудителей мастита в молоке помесных коров в районе Намаккал, Тамилнад / М. Джейкумар, Г. Винодкumar, Б. П. Башир, С. Кроввиди // Вет.Мир. – № 6(6). – С. 354–356. 3. Иммунологические аспекты борьбы с маститом коров / В. Слободяник, Н. Климов, Л. Ческидова, Е. В. Зверев. – Воронеж : Издательство Истоки, 2020. – 222 с. 4. Коренник, И. В. Соматические клетки в молоке / И. В. Коренник // Ветеринария Кубани. – 2010. – № 5. – С. 20–21. 5. Микрофлора молока клинически здоровых и больных маститом коров / О. А. Манжурина, Н. Т. Климов, Ю. С. Пархоменко [и др.] // Ветеринария. – 2020. – № 3. – С. 38–40. 6. Марковска, К. Наночастицы серебра как альтернативная стратегия борьбы с бактериальными биопленками / К. Марковска, А. М. Грудняк, К. И. Вольска // Acta Biochim Pol. – 2013. – № 60. – P. 523–30. 7. Методические указания по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров. – Москва, 1983. 8. Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам : методические указания. — Москва : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.— 91 с. 9. Идентификация генов антибиотикорезистентности у бактерий рода *Staphylococcus*, изолированных из молока коров / М. Ю. Сыромятников, С. В. Шабунин, Е. Ю. Нестерова [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. – 2023. – Т. 25, № 4. – С. 122–135. – doi: 10.17238/issn2541-8203.2023.4.122. 10. Терапевтическая эффективность препарата "Субмастин-КРС" при субклиническом мастите у коров / В. А. Грицюк, Г. А. Востроилова, Н. Т. Климов [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2022. – Т. 58, вып. 1. – С. 8–11. – DOI 10.52368/2078-0109-58-1-8-11.11. Наночастицы серебра как потенциальные антибактериальные агенты / Г. Франчи, А. Фаланга, С. Гальдиеро [и др.] // Молекулы. – 2015. – № 20. – С. 8856–74. 12. Ходарев, Д. В. Ветеринарные препараты на основе коллоидного серебра, стабилизирующего биологически активными веществами / Д. В. Ходарев, Ю. А. Крутяков, А. И. Климов // Евразийский союз ученых. – 2014. – № 7-2(7). – С. 75–77. – EDN XGXXHZ.

References. 1. Bukina, YU. A. Antibakterial'nye svojstva i mekhanizm baktericidnogo dejstviya nanochastich i ionov serebra / YU. A. Bukina, E. A. Sergeeva // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2012. – T. 15, № 14. – S. 170–172. – EDN PCNUFJ. 2. Antibiogramma vzbuditelej mastita v moloke pomesnyh korov v rajone Namakkal, Tamilnad / M. Dzhejkumar, G. Vinodkumar, B. P. Bashir, S. Krovvidi // Vet.Mir. – № 6(6). – S. 354–356. 3. Immunologicheskie aspekty bor'by s mastitom korov / V. Slobodyanik, N. Klimov, L. CHeskidova, E. V. Zverev. – Voronezh : Izdatel'stvo Istoki, 2020. – 222 s. 4. Korennik, I. V. Somaticheskie kletki v moloke / I. V. Korennik // Veterinariya Kubani. – 2010. – № 5. – S. 20–21. 5. Mikroflora moloaka klinicheski zdorovyh i bol'nyh mastitom korov / O. A. Manzhurina, N. T. Klimov, YU. S. Parhomenko [i dr.] // Veter-

inariya. – 2020. – № 3. – С. 38–40. 6. Markovska, K. Nanochasticy serebra kak al'ternativnaya strategiya bor'by s bakterial'nymi bioplenkami / K. Markovska, A. M. Grudnyak, K. I. Vol'ska // Acta Biochim Pol. – 2013. – № 60. – R. 523–30. 7. Metodicheskie ukazaniya po bakteriologicheskomu issledovaniyu moloka i sekreta vymeni korov. – Moskva, 1983. 8. Opredelenie chuvstvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam : metodicheskie ukazaniya. — Moskva : Federal'nyj centr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004.— 91 s. 9. Identifikaciya genov antibiotikorezistentnosti u bakterij roda Staphylococcus, izolirovannyh iz moloka korov / M. YU. Syromyatnikov, S. V. SHabunin, E. YU. Nesterova [i dr.] // Veterinarnyj farmakologicheskij vestnik. – 2023. – T. 25, № 4. – S. 122–135. – doi: 10.17238/issn2541-8203.2023.4.122. 10. Terapevticheskaya effektivnost' preparata "Submastin-KRS" pri subklinicheskom mastite u korov / V. A. Gricyuk, G. A. Vostroilova, N. T. Klimov [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2022. – T. 58, vyp. 1. – S. 8–11. – DOI 10.52368/2078-0109-58-1-8-11.11. Nanochasticy serebra kak potencial'nye antibakterial'nye agenty / G. Franchi, A. Falanga, S. Gal'diero [i dr.] // Molekuly. – 2015. – № 20. – S. 8856–74. 12. Hodarev, D. V. Veterinarnye preparaty na osnove kolloidnogo serebra, stabilizirovannogo biologicheski aktivnymi veshchestvami / D. V. Hodarev, YU. A. Krutyakov, A. I. Klimov // Evrazijskij soyuz uchenyh. – 2014. – № 7-2(7). – S. 75–77. – EDN XGXXHZ

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-50-54

УДК 619:616-002:615.276:636.028

ИЗУЧЕНИЕ РАЗДРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МАЗИ «УБЕРОСЕПТ»

**Перегончий А.Р. ORCID ID 0009-0001-7927-6282, Ческидова Л.В. ORCID ID 0000-0003-0196-1754,
Брюхова И.В. ORCID ID 0000-0003-2251-0581, Павленко О.Б. ORCID ID 0000-0001-9086-9241,
Близнецова Г.Н. ORCID ID 0000-0002-1042-9279**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты двух серий опытов по изучению местнораздражающего и противовоспалительного действия новой комплексной мази «Уберосепт». Исследования противовоспалительной активности препарата были проведены на белых крысах на модели «зимозанового отека лап». Было установлено, что мазь «Уберосепт» обладает выраженными противовоспалительными свойствами, не уступая препарату сравнения (мази «Гидрокортизон»). Эксперименты для оценки раздражающего действия «Уберосепта» были проведены на морских свинках. Животным наносили комплексную мазь в дозах 0,12 и 0,6 г на кожу однократно и в дозе 0,12 г в течение 14 дней. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что мазь «Уберосепт» не обладает раздражающим действием на кожу при однократном или длительном применении. **Ключевые слова:** мазь «Уберосепт», раздражающее действие, противовоспалительная активность, морские свинки, белые крысы.*

STUDY OF THE IRRITANT EFFECT AND ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY OF THE OINTMENT UBEROSEPT

Peregonchiy A.R., Cheskidova L.V., Bryukhova I.V., Pavlenko O.B., Bliznetsova G.N.
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of two series of experiments on studying the local irritant and anti-inflammatory action of a new complex ointment Uberosept. The studies of the anti-inflammatory activity of the drug were carried out on white rats using the zymosan-induced paw edema model. It has been found that the Uberosept ointment possesses pronounced anti-inflammatory properties, that are not inferior to the comparison drug (Hydrocortisone ointment). The experiments to assess the irritant effect of Uberosept were conducted on guinea pigs. The animals were applied the complex ointment at doses of 0.12 and 0.6 g to the skin used as a single dose, and at a dose of 0.12 g for 14 days. Based on the conducted studies, it can be concluded that the ointment Uberosept does not cause an irritant effect on the skin with a single or long-term use. **Keywords:** ointment Uberosept, irritant effect, anti-inflammatory activity, guinea pigs, white rats.*

Введение. Воспалительные процессы представляют собой основу многообразных патологий. Проблема купирования воспалительных реакций с различной этиологией, локализацией и симптоматикой является достаточно актуальной, поэтому существует необходимость в разработке новых лекарственных средств. В настоящее время поиску и внедрению в производство высококачественных и безвредных ветеринарных препаратов уделяется особое внимание. Несмотря на значительные успехи в создании синтетических лекарственных субстанций, не вызывает сомнений целесообразность применения лекарственных растений при профилактике или терапии различных заболеваний. Установлено, что рациональное сочетание растительных суб-

станций с веществами химического синтеза значительно расширяет терапевтические возможности фитопрепаратов [8].

В результате комплекса научно-экспериментальных исследований был разработан новый ветеринарный препарат в форме комплексной мази, в состав которой входит ихтиол, живица сосновая и камфора. Ихтиол (битуминосульфонат аммония) - противовоспалительное средство, оказывает местнообезболивающее и антисептическое действие. Камфора (бициклический кетон терпенового ряда) проявляет эффективное болеутоляющее, антисептическое, противовоспалительное и местнораздражающее действие. Уникальные свойства живицы сосновой лежат в основе использования ее в качестве компонентов препаратов с выраженным болеутоляющим, антисептическим и противовоспалительным эффектом [3, 4].

При поиске оптимальных комбинаций субстанций в одной лекарственной форме важно помнить, что новые сочетания представляют собой иное лекарственное средство с другими свойствами и могут вызывать неожиданные реакции организма на их применение. В связи с этим, необходимо проведение доклинических исследований фармакологического препарата с целью определения его специфической активности, установления характера и выраженности повреждающего действия на организм экспериментальных животных, оценки его безопасности и возможности передачи на клиническую апробацию. В предыдущих опытах по определению острой токсичности доказано, что мазь «Уберосепт» относится согласно ГОСТ 32296-2013 к 5 классу опасности [4].

Целью данного исследования является изучение местнораздражающего действия и противовоспалительной активности мази «Уберосепт» на лабораторных животных.

Материалы и методы исследований. Опыты были проведены на базе вивария Всероссийского научно-исследовательского ветеринарного института патологии, фармакологии и терапии. Условия содержания и кормления экспериментальных животных соответствовали нормативным требованиям [6].

Первая серия опыта по изучению местнораздражающего действия новой мази «Уберосепт» на кожу была проведена на двух группах морских свинок с массой тела 450-550 г. по 4 особи (самки и самцы) в каждой. За два дня до эксперимента у животных тщательно выстригли шерсть на спине размером 2,5×2,5 см. На подготовленную кожу морских свинок первой группы наносили мазь «Уберосепт» в чистом виде в дозе 0,12 г, а второй группы – в дозе 0,6 г. После 4-часовой экспозиции остатки мази удаляли ватным тампоном. Затем визуально оценивали реакцию на воздействие препарата через 1 ч и 24 ч по следующей шкале (балл): 0 – отсутствие эритемы и отека; 1 – слабая эритема и отек (едва заметно, розоватый тон); 2 – умеренно выраженная эритема (розовато-красный тон) и отек (хорошо различим за счет припухлости); 3 – выраженная эритема (красный тон) и отек (припухлость примерно 1 мм); 4 – от резко выраженной эритемы до ожога, отек (припухлость более 1 мм и выход отека за границы нанесения) [7]. Также в течение эксперимента вели наблюдение за общим состоянием животных.

Вторую серию опыта по определению влияния мази «Уберосепт» при длительном нанесении проводили на морских свинках методом накожных аппликаций. Для этого были сформированы две группы морских свинок с массой тела 450-550 г. по 6 особей (самки и самцы) в каждой. На заранее выстриженные участки кожи на левом боку размером 2,5×2,5 см наносили исследуемый препарат в дозе 0,12 г в течение 14 дней, а животным контрольной группы – вазелин. Реакцию кожи оценивали визуально и по размеру кожной складки до опыта и на следующий день после окончания аппликаций. В течение опыта следили за общим состоянием и поведением животных [7].

Противовоспалительное действие мази «Уберосепт» изучали на модели острого асептического отека, вызванного субплантарным введением зимозана. Для опыта было сформировано три группы самцов белых крыс по 4 головы в каждой с массой тела 250-270 грамм. Всем экспериментальным животным под апоневроз задней левой лапки инъецировали по 0,1 мл 1% суспензии зимозана. Белым крысам первой группы трехкратно наносили комплексную мазь «Уберосепт» с интервалом 24 ч, второй группе – аналогично мазь «Гидрокортизон» (препарат сравнения), животным третьей группы лечение не проводили (отрицательный контроль).

Увеличение объема стопы оценивали до введения флогогена, спустя 3 часа после введения, через 24 ч и 48 ч после применения мазей. Величину отека вычисляли по отношению к собственному фоновому значению по формуле: $\Delta V = V_{\text{фон}} - V$ [1]. Противовоспалительную активность мазей определяли по степени уменьшения отека (торможения воспалительной реакции) у животных в сравнении с фоном и выражали в процентах [5].

Статистическую обработку проводили с использованием стандартного пакета статистической обработки результатов программы Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. Согласно полученным данным, при однократном нанесении на кожу морских свинок мази «Уберосепт» у животных не было выявлено признаков интоксика-

ции или нарушений физиологических функций, при пальпации места нанесения не наблюдали болевую реакцию.

Результаты опыта по изучению раздражающего действия на кожу морских свинок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Местнораздражающее действие мази «Уберосепт» при однократном воздействии на кожные покровы

Доза	Эритема	Отек	Наблюдаемый эффект
0,12 г	0/4	0/4	0/4
0,6 г	0/4	0/4	0/4

Примечания: числитель – раздражающее действие в баллах, знаменатель – количество животных в группе.

Следовательно, мазь «Уберосепт» не обладает раздражающим эффектом, так как при однократной аппликации морским свинкам в дозах 0,12 г и 0,6 г не наблюдали повреждения кожи в виде эритемы или отека.

Во второй серии опытов было установлено, что у всех морских свинок при длительной аппликации мази «Уберосепт» отсутствует покраснение на коже (0 баллов), а у животных опытной группы не наблюдается достоверного увеличения толщины кожной складки по сравнению с контрольной (таблица 2). При этом не было выявлено отклонений в поведении или нарушения физиологических функций у подопытных животных.

Таблица 2 – Толщина кожной складки морских свинок при длительном нанесении мази «Уберосепт», мм

Группа	До опыта	После опыта
Опытная	5,02±0,10	5,05±0,08
Контрольная	5,03±0,09	5,05±0,07

Следовательно, доказано, что мазь «Уберосепт» не обладает раздражающим действием на кожные покровы при длительном применении.

В экспериментальных исследованиях по изучению специфической активности лекарственных средств широко применяется модель острого воспалительного отека, которая проводится с помощью применения флогогена (зимозана) и позволяет объективно оценить противовоспалительную активность препаратов и предсказать их клиническую эффективность [2].

При изучении противовоспалительной активности комплексной мази было зафиксировано, что инъекция зимозана в субплантарную область крысам вызывает острую воспалительную реакцию (таблица 3).

Таблица 3 – Противовоспалительная активность мази «Уберосепт»

Объем лапы, мм ³	Мазь		Контроль
	«Уберосепт»	«Гидрокортизон»	
До введения зимозана	33,80±2,400	32,31±2,902	33,20±2,944
Через 3 ч после введения зимозана	40,33±2,464	37,37±2,779	43,12±2,513
Δ V	6,53±1,519*	5,06±0,959**	9,92±0,858
Через 24 ч после начала лечения	36,82±2,369	35,14±2,680	40,66±2,098
Δ V	3,02±0,717*	2,83±0,845*	7,46±1,126
Через 48 ч после начала лечения	34,47±2,344	31,67±2,730	37,38±1,765
Δ V	0,67±0,252**	0,64±0,116**	4,18±0,236

Примечания: *P<0,05-0,01 ; ** P<0,005-0,001 – по сравнению с контролем.

Как следует из данных таблицы 3, после трехкратного применения мази «Уберосепт» отек лап крыс был все еще увеличен по сравнению с исходным, однако по сравнению с гидрокортизоном разница была статистически недостоверна в течение всего эксперимента. Так, через 3 ч после введения зимозана при использовании мазей наблюдали уменьшение воспаления на 34,2% (P<0,05) и 49,0% (P<0,005) по сравнению с контролем, через 24 ч после начала лечения – на 59,5% (P<0,01) и 62,1% (P<0,01), а через 48 ч - на 84,7% (P<0,001) и 84,0% (P<0,001). В контрольной группе отек лап у белых крыс к концу эксперимента спал, был существенно меньше по сравнению с животными опытных групп.

Результаты по определению эффекта торможения воспаления у белых крыс после применения мазей на модели зимозанового воспаления представлены на рисунке 1.

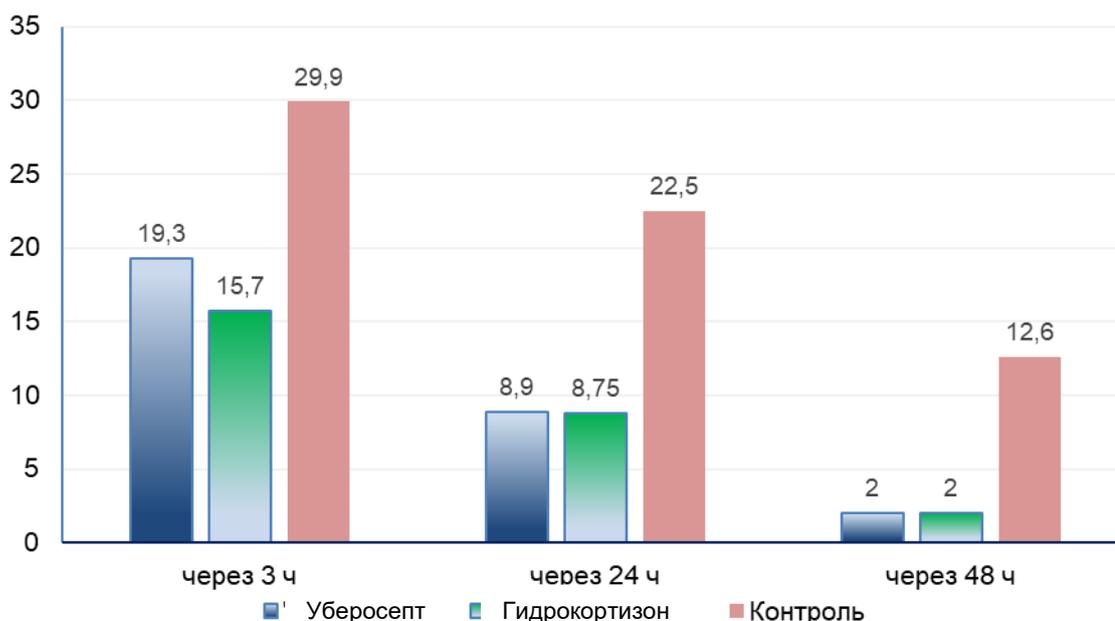


Рисунок 1 – Процент угнетения воспаления

Как видно из представленных данных, степень уменьшения отека у подопытных животных в начале опыта была выше в группе животных, которым применяли гидрокортизон, по сравнению с «Уберосептом». Однако через 24 ч и 48 ч после начала нанесения мазей противовоспалительная эффективность препаратов была практически тождественной.

Заключение. В результате проведения первой серии опыта по изучению местно-раздражающего действия новой комплексной мази «Уберосепт» на морских свинках установлено, что при однократной аппликации препарата на кожные покровы в дозе 0,12 и 0,6 г на животное не наблюдается эритемы или отека. Во второй серии опытов доказано, что многократное в течение 14 дней нанесение комплексной мази в дозе 0,12 г на животное не вызывает визуальных изменений кожного покрова и толщины кожной складки у подопытных морских свинок по сравнению с контролем. Следовательно, мазь «Уберосепт» не обладает местнораздражающим действием.

В эксперименте по изучению специфической активности мази «Уберосепт» было выявлено, что применение исследуемого препарата способствует уменьшению отека лап у белых крыс, вызванного субплантарным введением флоггена (зимозана), не уступая по эффективности препарату с доказанным местным противовоспалительным действием мази «Гидрокортизон». При этом, если в начале опыта процент угнетения воспаления был выше в группе животных, которым применяли гидрокортизон, то через 24 ч и 48 ч после начала нанесения мазей разница в показателях была статистически недостоверна. Таким образом, новая комплексная мазь «Уберосепт» способствует снижению зимозанового отека у белых крыс и обладает противовоспалительным действием.

Conclusion. As a result of the first series of experiments on the study of the local irritant effect of the new complex ointment Uberosept on guinea pigs, it has been found that with a single application of the drug to the skin at a dose of 0.12 and 0.6 g per animal, no erythema or edema is observed. The second series of experiments has proved that multiple applications of the complex ointment at a dose of 0.12 g per animal over 14 days do not cause visual changes in the skin and skin fold thickness in experimental guinea pigs, compared to the control. Consequently, the ointment Uberosept does not possess a local irritant effect.

In an experiment on studying the specific activity of the Uberosept ointment it has been found that the use of the studied drug helps to reduce paw edema in white rats caused by subplantar administration of phlogogen (zymosan), not inferior in efficacy to the drug with proven local anti-inflammatory action of the Hydrocortisone ointment. At the same time, if at the beginning of the experiment the percentage of inflammation suppression was higher in the group of animals that were given hydrocortisone, then 24 hours and 48 hours after the ointments application was initiated, the difference in the indicators was statistically insignificant. Thus, the new complex Uberosept ointment helps in reducing zymosan edema in white rats and causes an anti-inflammatory effect.

Список литературы. 1. Исследование противовоспалительной активности новых лекарственных форм с ацизолом / А. Л. Голованенко, И. П. Рудакова, Е. С. Березина [и др.] // Разработка и регистрация лекарственных средств. – 2022. – Т. 11. – № S4. – С. 105–109. 2. Ёршик, О. А. Изучение проти-

вовоспалительной активности проантоцианидинов корневищ с корнями сабельника болотного *Comarum palustre* L. / О. А. Ёршик, Г. Н. Бузук, Г. Д. Коробов // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2008. – № 7 (2). – С. 151–158. 3. Красочко, П. А. Современные подходы к классификации иммуномодуляторов / П. А. Красочко // Эпизоотология, иммунология, фармакология и санитария. – 2006. – № 2. – С. 35–40. 4. Исследование острой токсичности и ранозаживляющего действия комплексной мази «Уберосепт» / А. Р. Перегончий, Л. В. Ческидова, И. В. Брюхова, О. Б. Павленко // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. – 2023. – № 4. – С. 124–128. 5. Сравнительное фармакологическое и токсикологическое исследование препаратов "Пенталгин® Плюс" и "Пенталгин®-Н" / И. И. Бобынцев, М. В. Корокин, Е. А. Семочкина [и др.] // Человек и его здоровье. – 2007. – № 4. – С. 22–29. 6. РД-АПК 3.10.07.02-09. Методические рекомендации по содержанию лабораторных животных в вивариях научно-исследовательских институтов и учебных заведений. – Москва : ФГНУ «Росинформмагротех», 2009. – 29 с. 7. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. – Москва : Гриф и К, 2012. – 944 с. 8. Токсикологическое изучение мягких лекарственных форм противовирусного и антимикробного действия / О. А. Сёмкина, М. А. Джавахян, Л. В. Крепкова [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия : медицина. – 2008. – № 4. – С. 5–9.

References. 1. Issledovanie protivovospalitel'noj aktivnosti novyh lekarstvennyh form s acizolom / A. L. Golovanenko, I. P. Rudakova, E. S. Berezina [i dr.] // Razrabotka i registraciya lekarstvennyh sredstv. – 2022. – T. 11. – № S4. – S. 105–109. 2. YOrshik, O. A. Izuchenie protivovospalitel'noj aktivnosti proantocianidinov kornevishch s kornyami sabel'nika bolotnogo *Comarum palustre* L. / O. A. YOrshik, G. N. Buzuk, G. D. Korobov // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta. – 2008. – № 7 (2). – S. 151–158. 3. Krasochko, P. A. Sovremennye podhody k klassifikacii immunomodulyatorov / P. A. Krasochko // Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya i sanitariya. – 2006. – № 2. – S. 35–40. 4. Issledovanie ostroj toksichnosti i ranozazhivlyayushchego dejstviya kompleksnoj mazi «Uberosept» / A. R. Peregonchij, L. V. Cheskidova, I. V. Bryuhova, O. B. Pavlenko // Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. – 2023. – № 4. – S. 124–128. 5. Sravnitel'noe farmakologicheskoe i toksikologicheskoe issledovanie preparatov "Pentalgin® Plyus" i "Pentalgin®-N" / I. I. Bobyntsev, M. V. Korokin, E. A. Semochkina [i dr.] // Chelovek i ego zdorov'e. – 2007. – № 4. – S. 22–29. 6. RD-APK 3.10.07.02-09. Metodicheskie rekomendacii po sodержaniyu laboratornyh zhivotnyh v vivariyah nauchno-issledovatel'skih institutov i uchebnyh zavedenij. – Moskva : FGNU «Rosinformmagrotekh», 2009. – 29 s. 7. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovanij lekarstvennyh sredstv. – Moskva : Grif i K, 2012. – 944 s. 8. Toksikologicheskoe izuchenie myagkikh lekarstvennyh form protivovirusnogo i antimikrobnogo dejstviya / O. A. Syomkina, M. A. Dzhavahyan, L. V. Krepkova [i dr.] // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya : medicina. – 2008. – № 4. – S. 5–9.

Поступила в редакцию 19.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-54-59
УДК 639.3.43

ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА «БАЦЕЛЛ-М» НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ, ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ ГЕПАТОПАТИЯХ

Семенова Е.В. ORCID ID 0000-0003-3675-5467, Стрельников Н.А. ORCID ID 0000-0002-0781-7713, Михайлов Е.В. ORCID ID 000-0001-54-57-1325, Сулин В.Ю. ORCID ID 0000-0001-9668-6702
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

Целью данной работы являлось изучение экспрессии генов, биохимических и морфологических показателей крови карпа обыкновенного при патологиях печени и после применения пробиотика «Бацелл-М». Полученные в ходе эксперимента данные свидетельствуют о том, что применение пробиотика «Бацелл-М» у рыб оказывает комплексное воздействие на организм. Его применение способствовало нормализации микрофлоры кишечника и улучшению обмена веществ. В целом, применение пробиотика «Бацелл-М» на рыбах показывает положительные результаты. Поэтому необходимо проводить более глубокие исследования для определения оптимальных дозировок пробиотика, продолжительности его применения, а также для выявления возможных механизмов возникновения негативных эффектов. **Ключевые слова:** аквакультура, промысловое рыбоводство, карп обыкновенный, пробиотик, биохимия крови.

EFFECT OF THE PROBIOTIC BACELL-M ON THE EXPRESSION OF METABOLIC GENES, HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD INDICATORS OF COMMON CARP (*CYPRINUS CARPIO*) WITH HEPATOPATHIES

Semenova E.V., Strelnikov N.A., Mikhaylov E.V., Sulin V.Yu.
All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy,
Voronezh, Russian Federation

*The objective of this work was to study the gene expression, biochemical and morphological blood indicators of common carp with liver pathologies and after the use of the probiotic Bacell-M. The data obtained during the experiment indicate that the use of the probiotic Bacell-M in fish has a complex effect on the body. Its use contributed to the normalization of intestinal microflora and improved metabolism. In general, the use of the probiotic Bacell-M on fish shows positive results. Therefore, it is necessary to conduct more in-depth studies to determine the optimal dosages of the probiotic, the duration of its use, as well as to identify possible mechanisms for the occurrence of negative effects. **Keywords:** aquaculture, commercial fish farming, common carp, probiotic, blood biochemistry.*

Введение. На сегодняшний день аквакультура является перспективной областью сельского хозяйства. Рыборазведение стало важной частью в решении задачи по обеспечению продовольствием населения планеты. Поэтому промышленное рыбоводство предполагает широкое применение инновационных методов для обеспечения здоровья и оптимального роста рыб, а также требует постоянного отслеживания здоровья и питания выращиваемых особей.

По мнению Гуцулюк О.Н., проблемы аквакультуры связаны с применением несбалансированных и недоброкачественных кормов, и представляют серьезную угрозу для здоровья и продуктивности рыбного поголовья [1]. Несоблюдение необходимого баланса в питательных веществах может привести к ряду проблем, которые сказываются на жизнеспособности и качестве продукции. Так применение кормов с недостаточным содержанием белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов может привести к дефициту важных питательных веществ, необходимых для роста, развития и общего здоровья рыб. Помимо этого, значительно повышается риск ослабления иммунной системы, развития ряда заболеваний, а также снижения продуктивности и выживаемости рыб.

В исследованиях Трубачевой В.С. и Осепчука Д.В. отмечается, что неправильно сбалансированные корма оказывают негативное влияние на состояние печени у рыб. Недостаток или избыток определенных компонентов питания приводит к развитию гепатозов, жировой дистрофии и других патологий печени [2, 3].

В последние годы установлено, что одним из ключевых методов поддержания здоровья рыб и повышения их иммунитета является применение пробиотиков. В работах Куватова К. и Хусейна С.М. установлено, что пробиотики, как биологически активные добавки, оказывают положительное влияние на микробиом, улучшая пищеварение, защищая от патогенных микроорганизмов и способствуя общему здоровью рыбного поголовья [4, 5].

Кровь является одной из важнейших характеристик функционального состояния живого организма. Изменение картины крови позволяет судить о характере взаимодействия организма с внешней средой и прогнозировать его функциональные изменения. Благодаря проведению биохимического анализа крови карпов после приема пробиотиков можно получить ценные данные о состоянии их здоровья, иммунной системы, а также о процессах пищеварения и обмена веществ [1].

Для более детального исследования проводили оценку уровня экспрессии генов, кодирующих следующие белки: FASN – основная функция данного белка заключается в катализации синтеза пальмитата из ацетил-КоА в присутствии НАДФН в длинноцепочечных насыщенных жирных кислотах. LPL - катализирует гидролиз триглицеридов из липопротеинов очень низкой плотности (ЛПОНП) [6].

Эти результаты могут предоставить новые научные данные и практические рекомендации для использования пробиотика «Бацелл-М» в аквакультуре, способствуя повышению продуктивности и благополучию рыб.

Цель: изучить экспрессию генов, биохимические и морфологические показатели крови карпа обыкновенного при патологиях печени и после применения пробиотика «Бацелл-М».

Материалы и методы исследований. Лабораторные исследования проводили на базе лаборатории инновационных препаратов рекомбинантной протеомики отдела экспериментальной фармакологии и моделирования живых систем.

Полевые исследования и отбор материала были проведены на базе АО «Рыбопитомник» Воронежской области.

В ходе данного эксперимента была использована товарная рыба массой 800-900 г. Для фонового исследования и в период опыта отбирали биологический материал от карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) всех исследуемых групп для проведения эксперимента. После проведения фоновых исследований и постановки диагноза особи, участвующие в работе, были разделены на две основные группы. Первая группа – контрольный пруд (n=600) – получали основной рацион. Гидробионты второй группы (n=600) в течение 30 дней питались основным рационом с добавлением пробиотического препарата «Бацелл-М» в дозировке 2 кг/тону.

Убой и отбор биологического материала исследуемых особей всех групп (n=6) проходил в два этапа: первый – через 14 дней после начала эксперимента, второй – через 35 дней после начала исследований. Цельная кровь была отобрана в вакуумные пробирки с добавлением

ЭДТА КЗ для предотвращения свертывания крови. Морфологический анализ крови (количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов) проводили на гематологическом анализаторе «ABX Micros 60», биохимические исследования — определением активности ферментов аланинаминотрансферазы (К.Ф.2.6.1.2, АЛТ) и аспаратаминотрансферазы (К.Ф.2.6.1.1, АСТ) на биохимическом анализаторе «Hitachi-902». Статистический анализ включал расчет средних значений и ошибку средней (Mean±SE), достоверность различий средних оценивали с помощью t-Стьюдента с поправками Бонферрони. Величины анализируемых показателей сравнивали с референсными значениями по данным Гусевой Ю.А. и Васильева А.А., опубликованным в 2020 году [7].

Оценка экспрессии генов карпа обыкновенного проходила посредством ПЦР-анализа с добавлением красителя SYBR Green и с использованием панели специфичных праймеров генов обмена веществ: LPL и FASN. Выделение РНК осуществлялось набором «РНК-Экстран» (Син тол, Россия) по утвержденной инструкции. Оценку качества выделенной РНК произвели с помощью электрофореза в 2% агарозном геле. Полимеразная цепная реакция проводилась на приборах Bio-Rad CFX 96 (Bio-rad, США) и Rotor-Gene 6000 (Corbett Research, Австралия) с готовой коммерчески доступной смесью для PCR 5X qPCRMix-HS LowROX (Евроген, Россия). В качестве референсного гена выступал β -Актин.

Таблица 1 – Список праймеров для ПЦР в реальном времени

Исследуемый ген	Последовательность праймеров
β -Актин	F: GTACGTTGCCATCCAGGCTGTG R: ACGTCACACTTCATGATGGAGTTGAAG
LPL	F: CGCTCCATTACCTGTTTCAT R: GCTGAGACACATGCCCTTATT
FASN	F: GACAGGCCGCTATTGCTATT R: TGCCGTAAGCTGAGGAAATC

Результаты исследований. Гематологические показатели исследуемых карпов (количество эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов) всех групп находились в диапазоне референсных значений (таблица 1).

По результатам проведенных исследований среднее количество эритроцитов в контрольной группе находилось на нижней границе референсных значений, что, возможно, обусловлено пониженным уровнем эритропоэза и повышает риск развития ишемии и гипоксии у рыб. У особей, получавших пробиотик в течение 14 и 35 дней, среднее количество эритроцитов достоверно увеличилось ($p < 0,05$) по сравнению с контролем на 31,33% и 13,11%, соответственно (таблица 1). Следовательно, использование пробиотика «Бацелл-М» в течение 14 и 35 дней положительно повлияло на эритропоэз и улучшило кислородтранспортные свойства крови.

Среднее количество лейкоцитов в контрольной группе также находилось ниже референсных значений.

Таблица 2 – Морфологические показатели крови у рыб через 14 и 35 дней приема пробиотика

Показатель	Референсные значения*	14-е сутки		35-е сутки	
		Первая группа	Вторая группа	Первая группа	Вторая группа
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$	0,50-3,00	1,76±0,56	2,31±0,57*	1,76±0,34	1,99±0,42*
Лейкоциты, $\times 10^9/л$	4,90-8,10	3,84±0,97	5,19±0,48***	4,05±0,49	4,87±0,42**
Тромбоциты, $\times 10^9/л$	60,00-70,00	66,76±5,20	64,75±7,64**	59,76±5,20	64,87±7,40***

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ по отношению к первой группе.

При фоновом исследовании биохимического профиля выявлено, что большинство изучаемых показателей выходило за пределы референсных значений (таблица 2). Уровень глюкозы в плазме крови контрольной группы увеличен в 3 раза по сравнению с нормой. Выявленная гипергликемия может свидетельствовать как о низком уровне энергетического обмена, обусловленном кислородным голоданием, так и о нарушении углеводного обмена [8].

Таблица 3 – Биохимические показатели сыворотки крови через 14 и 35 дней приема пробиотика

Показатель	Референсные значения	14 день		35 день	
		Первая группа	Вторая группа	Первая группа	Вторая группа
АЛТ, Ед/л	23,00-99,00	156,46±9,20	73,70±6,40*	120,51±5,80	50,55±8,89
АСТ, Ед/л	13,00-176,00	209,75±14,50	117,16±10,20	218,04±7,30	64,95±9,85
Мочевина, ммоль/л	1,83-6,20	4,26±1,30	3,295±0,22*	4,52±1,20	6,20±1,30*
Общий белок, г/л	10,00-30,00	29,88±1,26	40,2±1,41*	30,63±1,70	39,89±3,60*
Альбумины, г/л	5,00-18,00	10,64±1,76	18,9±0,87	11,36±2,33	15,40±3,10***
Глобулины, г/л	5,00-12,00	19,56±2,14	21,3±1,2	19,27±4,69	24,50±4,90
Глюкоза, ммоль/л	1,50-4,00	9,39±1,05	6,91±0,32	6,43±1,40	2,98±1,50**
СРБ, г/мл	0,00-5,00	7,78±1,03	4,25±0,32	6,13±0,47	2,28±0,40

Примечания: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$ по отношению к первой группе.

В контрольной группе установлено, что активность АЛТ на 14-й день в плазме крови превышала верхний диапазон нормы в 1,6 раз. Показатели активности АСТ на 14-е сутки отличались от референсных значений в 1,2 раза. На 35-й день активность АЛТ и АСТ в контрольной группе отличалась от нормы в 1,2 раза.

В группе особей с применением пробиотика средняя активность АЛТ и АСТ в плазме обследованных карпов находилась в пределах видовой нормы. Установлено снижение активности АЛТ и АСТ на 35-й день по сравнению с 14-м днем в 1,5 и 1,8 раз соответственно, что может отражать положительное влияние пробиотика на функциональное состояние печени и белкового обмена.

В исследованиях Михайлова Е.В. с соавторами [9] установлена нормализация морфологического состояния печени у рыб, кормление которых происходило с использованием пробиотика, в то время как в опытной группе отсутствовала положительная динамика.

Об улучшении белкового и аминокислотного обменов также указывает достоверно более высокая концентрация общего белка и альбуминов в группе карпов с применением пробиотика в сравнении с контролем.

Увеличение количества альбуминов в сыворотке крови свидетельствует об усилении синтеза белков и влиянии на полезную микрофлору кишечника исследуемых карпов.

Как видно из таблицы 2, концентрация СРБ контрольной группы на 14-е и 35-е сутки превышает показатели нормы, что может свидетельствовать об острой фазе воспалительного процесса. После приема пробиотика на 14-й и 35-й дни уровень СРБ в обследованной группе особей находился в пределах нормы и был на 58,7% и 95,3% ниже по сравнению с контролем.

При исследовании уровня экспрессии генов на 14 сутки применения пробиотика было отмечено снижение экспрессии генов FASN на 20,43% и LPL - на 70,76% (рисунок 1).

На 30-е сутки в группе, получавшей пробиотик, отмечалось снижение уровня экспрессии генов FASN в 2,48 раза и LPL в 3,14 раза (рисунок 2).

Терапия жирового гепатоза с применением пробиотического препарата «БАЦЕЛЛ-М» снизила активность генов LPL и FASN. Это может быть обусловлено положительным влиянием пробиотика на метаболизм липидов и полезную микрофлору кишечника исследуемых карпов [10].

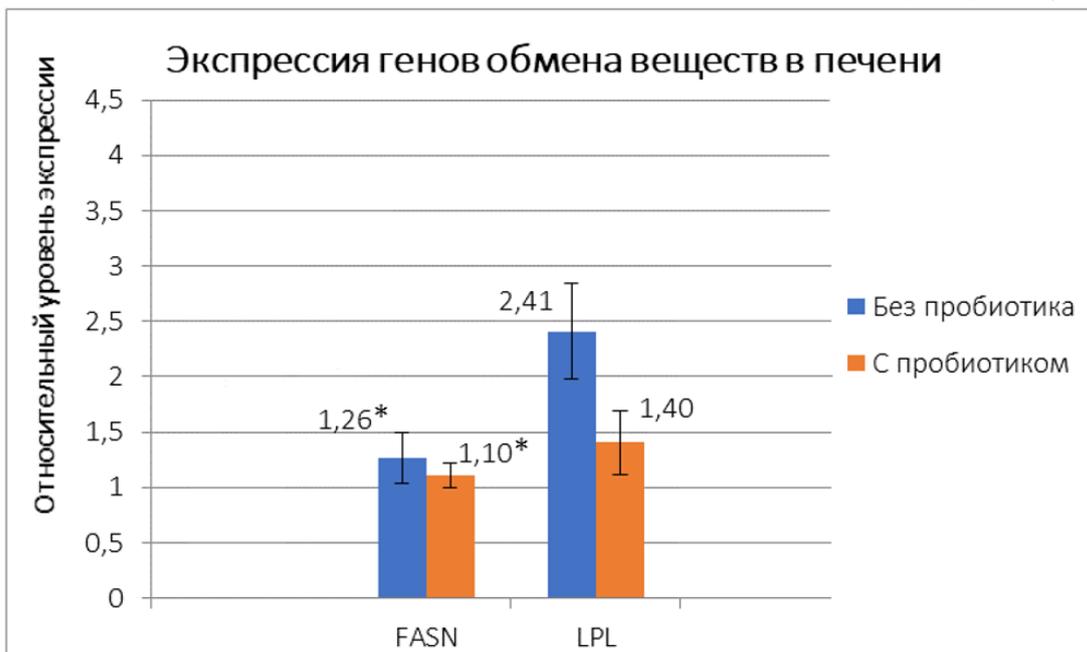


Рисунок 1 – Уровни экспрессии генов обмена веществ FASN и LPL в печени рыб на 14-е сутки

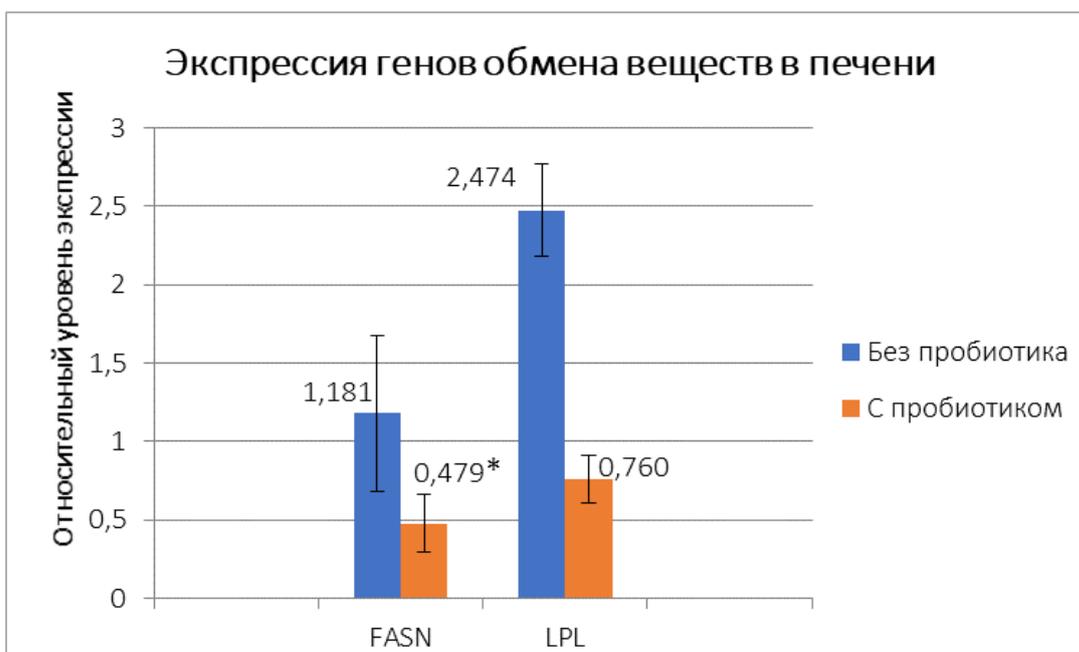


Рисунок 2 – Уровни экспрессии генов обмена веществ FASN и LPL в печени рыб на 30-е сутки

Заключение. Исходя из проведенного исследования, можно сделать вывод о том, что пробиотик «Бацелл-М» оказывал комплексное воздействие на организм рыб. Его применение в дозе 2 кг/т в течение 14-35 дней способствовало нормализации гемопоэза, белкового и углеводного обменов, активности ферментов аминотрансфераз по сравнению с контрольной группой особей.

Conclusion. Based on the study, it can be concluded that the probiotic Bacell-M had a complex effect on the fish organism. Its use at a dose of 2 kg/t for 14-35 days contributed to the normalization of hematopoiesis, protein and carbohydrate metabolism, the activity of aminotransferase enzymes compared to the control group of individuals.

Список литературы. 1. Гуцулюк, О. Н. Использование биологически активных препаратов при выращивании молоди рыб / О. Н. Гуцулюк. – Москва : ВНИРО, 2013. – 363 с. 2. Морфология тонкого кишечника и печени щуки обыкновенной из водоемов с различным уровнем загрязненности / В. С. Трубачева, Г. П. Дробот, А. И. Ямбаршева, А. Р. Ахмедшина // 4-е Вавиловские чтения. Диалог науки и практики в поисках новой парадигмы общественного развития России в новом тысячелетии : материалы постоянно действующей Всероссийской междисциплинарной научной конференции. – Йошкар-Ола : МарГТУ, 2000. – Ч. III. – С. 111–112. 3. Осепчук, Д. В. Проблема возникновения заболеваний печени осетровых рыб и обязательный мониторинг гидрохимических показателей воды / Д. В. Осепчук // Наука XXI века: проблемы, перспективы и актуальные вопросы развития общества, образования и науки. – 2020. – С. 266-270. 4. Kuvvatov, K. Morphological and biochemical indicators of the blood of carp fish in artificial water reservoirs / K. Kuvvatov // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Vol. 95. – P. 01040. 5. Hussain, S. M. Evaluation of growth, nutrient absorption, body composition and blood indices under dietary exposure of iron oxide nanoparticles in Common carp (*Cyprinus carpio*) / S. M. Hussain // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2024. – Vol. 108. – №. 2. – С. 366-373. 6. Le Mentec H el ene. A New In Vivo Zebrafish Bioassay Evaluating Liver Steatosis Identifies DDE as a Steatogenic Endocrine Disruptor, Partly through SCD1 Regulation / H el ene Le Mentec // International journal of molecular sciences. – 2023. – № 24. – P. 3942. 7. Гусева, Ю. А. Инновационные подходы к оптимизации белкового питания рыб / Ю. А. Гусева, А. А. Васильев. – Саратов, 2020. – 292 с. 8. Fan, Z. Momordica charantia saponins administration in low-protein-high-carbohydrate diet improves growth, blood biochemical, intestinal health and microflora composition of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) / Z. Fan // Fish & Shellfish Immunology. – 2023. – Vol. 140. – С. 108980. 9. Морфологическое состояние печени маточного стада карпа обыкновенного (*Cyprinus carpio*) в период нереста / Е. В. Михайлов, Ю. О. Пономарева, В. И. Моргунова [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2022. – Т. 58, вып. 4. – С. 148–153. – DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-4-148-153. 10. Михайлов, Е. В. Оценка экспрессии генов и биохимических показателей крови карпа обыкновенного при применении пробиотика «Бацелл-М» в условиях антропогенного прессинга / Е. В. Михайлов // Теория и практика инновационных технологий в АПК : материалы национальной научно-практической конференции / Воронежский государственный аграрный университет. — Воронеж, 2023. – Ч. I.

References. 1. Guculyuk, O. N. Ispol'zovanie biologicheskii aktivnykh preparatov pri vyrashchivanii molodi ryb / O. N. Guculyuk. – Moskva : VNIRO, 2013. – 363 s. 2. Morfologiya tonkogo kishechnika i pečeni shchuki obyknovenoj iz vodoemov s razlichnym urovnem zagryaznennosti / V. S. Trubacheva, G. P. Drobot, A. I. YAmbarshева, A. R. Ahmedshina // 4-e Vavilovskie chteniya. Dialog nauki i praktiki v poiskah novoj paradigmy obshchestvennogo razvitiya Rossii v novom tysyacheletii : materialy postoyanno deystvuyushchej Vserossijskoj mezhdisciplinarnoj nauchnoj konferencii. – Yoshkar-Ola : MarGTU, 2000. – CH. III. – S. 111–112. 3. Osepchuk, D. V. Problema voznikoveniya zaboolevanij pečeni osetrovyyh ryb i obyazatel'nyj monitoring gidrohimičeskikh pokazatelej vody / D. V. Osepchuk // Nauka XXI veka: problemy, perspektivy i aktual'nye voprosy razvitiya obshchestva, obrazovaniya i nauki. – 2020. – S. 266-270. 4. Kuvvatov, K. Morphological and biochemical indicators of the blood of carp fish in artificial water reservoirs / K. Kuvvatov // BIO Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Vol. 95. – P. 01040. 5. Hussain, S. M. Evaluation of growth, nutrient absorption, body composition and blood indices under dietary exposure of iron oxide nanoparticles in Common carp (*Cyprinus carpio*) / S. M. Hussain // Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. – 2024. – Vol. 108. – №. 2. – S. 366-373. 6. Le Mentec H el ene. A New In Vivo Zebrafish Bioassay Evaluating Liver Steatosis Identifies DDE as a Steatogenic Endocrine Disruptor, Partly through SCD1 Regulation / H el ene Le Mentec // International journal of molecular sciences. – 2023. – № 24. – R. 3942. 7. Guseva, YU. A. Innovacionnyye podhody k optimizacii belkovogo pitaniya ryb / YU. A. Guseva, A. A. Vasil'ev. – Saratov, 2020. – 292 s. 8. Fan, Z. Momordica charantia saponins administration in low-protein-high-carbohydrate diet improves growth, blood biochemical, intestinal health and microflora composition of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) / Z. Fan // Fish & Shellfish Immunology. – 2023. – Vol. 140. – S. 108980. 9. Morfofunkcional'noe sostoyanie pečeni matochnogo stada karpa obyknovennogo (*Cyprinus carpio*) v period neresta / E. V. Mihajlov, YU. O. Ponomareva, V. I. Morgunova [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2022. – T. 58, vyp. 4. – S. 148–153. – DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-4-148-153. 10. Mihajlov, E. V. Ocenka ekspressii genov i biohimičeskikh pokazatelej krovi karpa obyknovennogo pri primenenii probiotika «Bacell-M» v usloviyah antropo-gennogo pressinga / E. V. Mihajlov // Teoriya i praktika innovacionnyh tekhnologij v APK : materialy nacional'noj nauchno-praktičeskoj konferencii / Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. — Voronezh, 2023. – CH. I.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-60-65
УДК 619:[577.218:575.117:615.371]:636.4

**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ФЕРОНАМИН»
НА УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ПРО- И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ
НА ФОНЕ ВАКЦИНАЦИИ ПРОТИВ ЦВС-2**

*Стребкова В.В. ORCID ID 0000-0002-1694-0166, *Михайлов Е.В. ORCID ID 0000-0001-5457-1325,
*Востроилова Г.А. ORCID ID 0000-0002-2960-038X, *Паршин П.А. ORCID ID 0000-0002-8790-0540,
*Пасько Н.В. ORCID ID 0000-0003-0513-725, **Сыромятников М.Ю. ORCID ID 0000-0001-9028-0613
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии
и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация

*В исследовании представлены данные о влиянии применения препарата на основе специфических рекомбинантных интерферонов свиней «Феронамин» на относительный уровень экспрессии генов при вакцинации против цирковирусной инфекции (ЦВС-2). Исследование проводили на поросятах в возрасте 21 дня на стадии отъема. В период отъема поросята испытывают стресс при перегруппировках и становятся наиболее восприимчивы к цирковирусной инфекции. Введение вакцины «Ингельвак Циркофлекс» привело к росту экспрессии генов провоспалительных цитокинов IL-1 α в 4,5 раза и IL-1 β – в 3,5 раза, а применение препарата «Феронамин» уменьшило негативное влияние вакцины на организм, повысив экспрессию генов IL-1 β в 2,4 раза. **Ключевые слова:** специфичный рекомбинантный интерферон, цирковирус свиней второго типа (ЦВС2), интерлейкин 1 α (IL-1 α), интерлейкин-1 β (IL-1 β), интерлейкин 8 (IL-8), интерлейкин 6 (IL-6), интерлейкин-10 (IL-10), трансформирующий фактор роста β (TGF- β), фактор некрóза óпухоли (TNF- α), интерферон α (IFN- α), интерферон γ (INF γ).*

**EFFECT OF THE DRUG FERONAMIN ON THE EXPRESSION LEVEL OF PRO- AND ANTI-INFLAMMATORY
CYTOKINE GENES ON THE BACKGROUND OF VACCINATION AGAINST PCV2**

*Strebkova V.V., *Mikhaylov E.V., *Vostroilova G.A., *Parshin P.A., *Pasko N.V., **Syromyatnikov M.Yu.
*FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation
**Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation

*The study presents the data on the effect of using the drug Feronamin based on specific recombinant porcine interferons on the relative level of gene expression during vaccination against porcine circovirus infection (PCV2). The research was conducted on piglets at the age of 21 days at the weaning stage. During weaning, piglets experience stress due to regrouping and become most susceptible to porcine circovirus infection. The administration of the vaccine Ingelvac CircoFLEX led to an increase in the expression of genes of proinflammatory cytokines IL-1 α by 4.5 times and IL-1 β – by 3.5 times, while the use of the drug Feronamin reduced the negative effect of the vaccine on the organism, increasing the expression of IL-1 β genes by 2.4 times. **Keywords:** specific recombinant interferon, porcine circovirus type 2 (CVC2), interleukin-1 α (IL-1 α), interleukin-1 β (IL-1 β), interleukin-8 (IL-8), interleukin-6 (IL-6), interleukin-10 (IL-10), Transforming growth factor- β (TGF- β), Tumor necrosis factor (TNF- α), interferon- α (IFN- α), interferon- γ (infr).*

Введение. Иммунная система защищает организм от инфекций и болезней [0]. Снижение функций основных компонентов иммунной системы приводит к иммунодефицитным состояниям, что приводит к ослаблению защитных функций организма и повышению восприимчивости к инфекционным заболеваниям [0]. Неполноценное, несбалансированное питание, нарушение обмена веществ, воздействие различных биологических факторов, в том числе бактериологические и вирусные инфекции являются причиной иммунодефицитных состояний поросят [0].

Одной из тяжелых вирусных инфекций, приводящих к иммунодефицитным состояниям, является цирковирус свиней типа 2 (ЦВС-2). Вирус активно размножается в клетках иммунной системы свиней, что приводит к их гибели, и животное становится восприимчивым к другим слабовирулентным возбудителям. Цирковирус свиней второго типа (ЦВС2) является этиологическим агентом синдрома послеотъемного мультисистемного истощения свиней [0].

К цирковирусной инфекции наиболее восприимчивы поросята-отъемыши. В период отъема поросята испытывают стресс при перегруппировках. Известно, что материнские антитела к вирусу сохраняются у поросят в основном до 5–14-недельного возраста. Поэтому цирковирусную инфекцию часто отмечают у 2–4-месячных поросят, редко — у животных месячного и старше 5-месячного возраста [0].

ЦВС-2 является значительной экономической угрозой для свиноводческого производства во всем мире [0]. В различных хозяйствах заболеваемость их обычно составляет 4–30% (иногда 50–70%), летальность — 7–80% [0]. Эффективная стратегия защиты требует постоянной разработки, внедрения и совершенствования механизмов диагностики и профилактики заболеваний, ассоциированных с ЦВС-2 [0, 0].

Исходя из вышеизложенного, профилактика эндемичных заболеваний должна стать основной целью ветеринарных врачей [0]. Такое тяжелое заболевание как цирковирусная инфек-

ция необходимо не только лечить, но и предупреждать его возникновение. Один из способов предупреждения – это вакцинация. Традиционные программы вакцинации являются важной мерой профилактики этого заболевания и борьбы с ним [0].

Цель нашего исследования - оценить уровень экспрессии генов про- и противовоспалительных цитокинов методом ПЦР в «режиме реального времени» у животных при сочетанном применении вакцины «Ингельвак Циркофлекс» и экспериментального препарата на основе видоспецифичных рекомбинантных интерферонов «Феронамин».

Материалы и методы исследований. Исследования выполнены на базе Научно-исследовательского центра ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». Объектом исследований служили поросята в возрасте 21 дня, принадлежащие ООО «Селекционно-Гибридный Центр» с. Верхняя Хава Воронежской области.

Было сформировано 3 группы животных. Первая группа в количестве 10 особей (n=10) – это поросята до вакцинации, они служили фоном. Поросятам второй группы (n=10) вводили вакцину «Ингельвак циркофлекс» согласно наставлению, в дозе 1 мл. Животным третьей группы (n=10) вводили вакцину «Ингельвак циркофлекс» совместно с препаратом «Феронамин» однократно, внутримышечно в дозе 0,1 мл/кг. Через 24 часа после введения препаратов отбиралась кровь для изучения уровня экспрессии генов интерлейкинов 1 α , 1 β , 6, 8 и 10, TGF- β , TNF- α , IFN γ , IFN α . Было исследовано по 5 проб крови от каждой группы.

Цельная кровь была отобрана в асептических условиях в вакуумные пробирки с клот-активатором для предотвращения свертываемости крови. Выделение РНК проводили методом кислой фенольной экстракции по Хомчинскому, при которой в водной фазе остается только РНК, а ДНК в комплексе с белками переходит в органическую фазу с помощью набора «РНК-ЭКСТРАН» (Синтол, Москва). Обратную транскрипцию проводили с использованием набора MMLV RT (Евроген, Россия), ПЦР в реальном времени на амплификаторе Rotor-GeneQ (QIAGEN, Germany). Опыты проводили в 5 биологических повторностях, аналитические определения для каждой пробы осуществляли в трех повторностях. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных статистических методов с помощью критерия Стьюдента [0].

Результаты исследований. Исследования экспрессии генов провоспалительных интерлейкинов показали, что введение вакцины «Ингельвак Циркофлекс» привело к росту относительного уровня экспрессии генов интерлейкинов IL-1 α в 4,5 раза и IL-1 β – в 3,5 раза, тогда как сочетанное применение вакцины и препарата «Феронамин» повысило экспрессию IL-1 α в 4,2 раза и IL-1 β – в 2,4 раза, то есть экспрессия генов IL-1 β во второй группе была в 1,5 раза ниже, чем в первой. Применение двух препаратов не оказало статистически значимого влияния на экспрессию IL-1 α (рисунок 1).

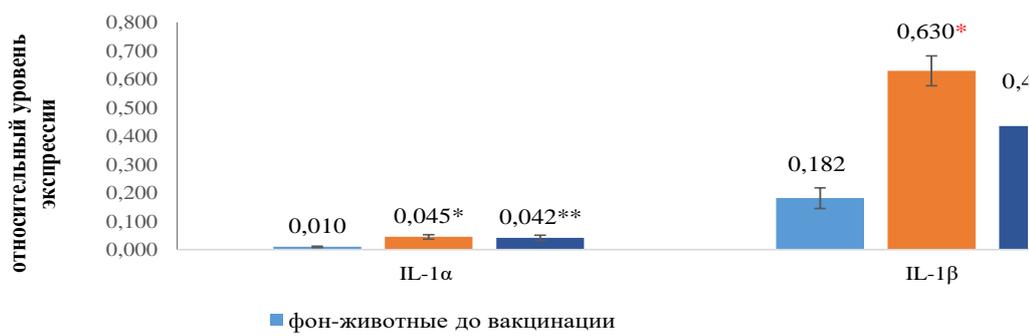


Рисунок 1 – Относительный уровень экспрессии гена IL-1 α и IL-1 β у поросят на фоне вакцинации

(* $p < 0,001$ – относительно фона, ** $p > 0,05$ – относительно 1 группы, * $p < 0,001$ – относительно фона, ** $p < 0,01$ – относительно 1 группы)

Так как пирогенность, регуляция функций эндотелия и системы свертывания крови являются важными свойствами IL-1 [0], применение рекомбинантных интерферонов при вакцинации может снизить побочные эффекты, такие как повышение температуры тела.

Изучение относительного уровня экспрессии IL-8, IL-6, IL-10 показало, что применение препаратов «Ингельвак циркофлекс» и «Феронамин», как отдельно, так и вместе, статистически значимого влияния не оказало (рисунок 2) (значение t-критерия Стьюдента более 0,05).

При вакцинации никакого воспалительного процесса не наблюдалось, а влияние на синтез этих цитокинов, возможно, привело бы к негативным явлениям.

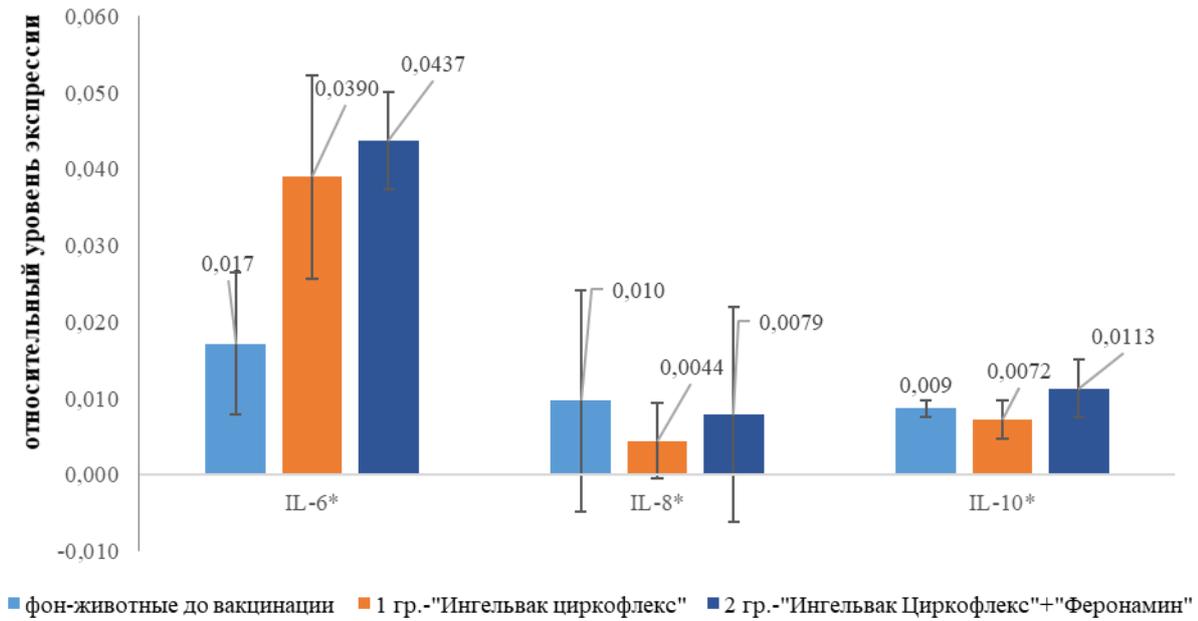


Рисунок 2 – Экспрессия генов IL-8, IL-6, IL-10 при вакцинации «Циркофлексом»
 (* $p > 0,05$ – относительно фона и 1 группы)

Нами было отмечено, что препарат «Феронамин» снизил экспрессию генов IFN- α в 1,3 раза (рисунок 3). Известно, что эндогенный IFN- α , или лейкоцитарный интерферон, продуцируется лейкоцитами, обработанными вирусами и другими агентами [0]. При вакцинации инфекционный агент отсутствует, т.е. нет реплицирующегося вируса и, возможно, введенный экзогенный интерферон несколько снижает активность эндогенного.

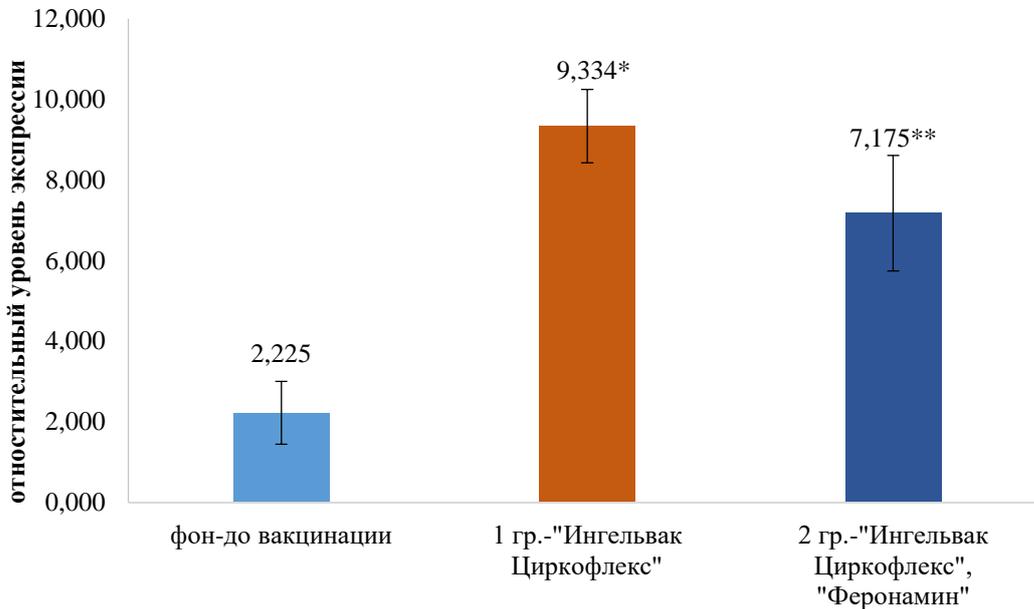


Рисунок 3 – Относительный уровень экспрессии гена IFN α при вакцинации
 (* $p < 0,001$ – относительно фона, ** $p < 0,05$ – относительно 1 группы)

Кроме того, применение препарата «Феронамин» привело к росту экспрессии интерферона γ в 2,7 раз (рисунок 4). Известно, что IFN- γ известен как иммунный интерферон, является хорошим иммуномодулятором [0]. Влияние препарата «Феронамин» на основе специфических рекомбинантных интерферонов является благоприятным.

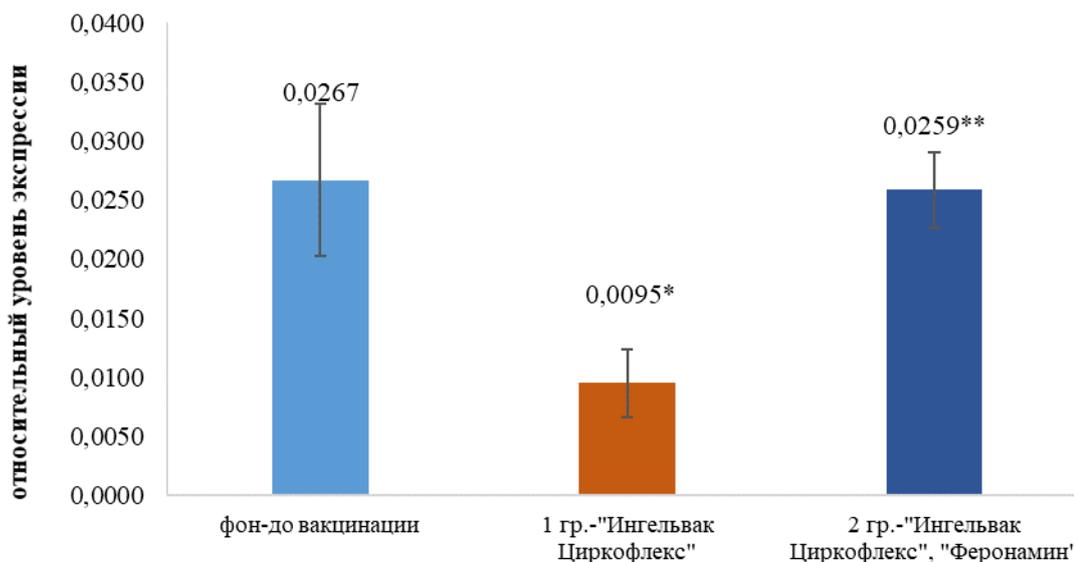


Рисунок 4 – Относительный уровень экспрессии гена IFN-γ при вакцинации
(*p<0,001 – относительно 1 группы)

Феронамин статистически значимого эффекта не оказал на экспрессию генов TGF-β, TNF-α (рисунок 5).

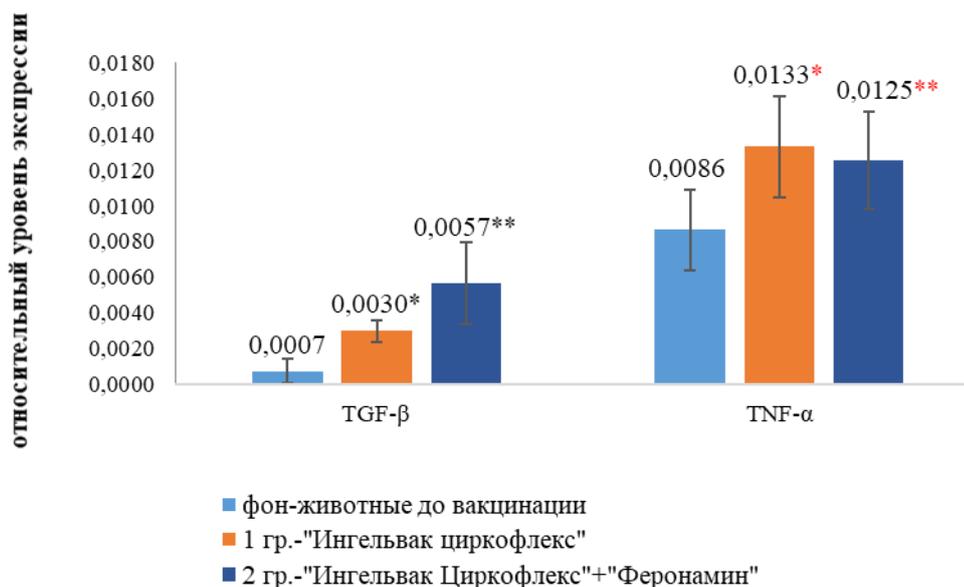


Рисунок 5 – Относительный уровень экспрессии генов TGF-β, TNF-α при вакцинации

(*p<0,002 – относительно фона, **p<0,01 – относительно фона, **p>0,05 – относительно 1 группы, *p>0,05 – относительно фона, **p>0,05 – относительно фона и 1 группы)

Заключение. Изучение экспрессии генов ряда цитокинов при вакцинации показало, что введение вакцины «Ингельвак Циркофлекс» привело к росту экспрессии генов провоспалительных цитокинов IL-1α в 4,5 раза и IL-1β – в 3,5 раза, а применение препарата «Феронамин» уменьшило негативное влияние вакцины на организм, повысив экспрессию генов IL-1β в 2,4 раза. Таким образом, применение препарата на основе специфичных рекомбинантных интерферонов при вакцинации может снизить побочные эффекты, такие как повышение температуры тела. Совместное применение препарата «Феронамин» и вакцины «Ингельвак Циркофлекс» никак не повлияло на экспрессию IL-8, IL-6, IL-10. При вакцинации никакого воспалительного

процесса не наблюдалось, а влияние на синтез этих цитокинов, возможно, привело бы к негативным явлениям. Отмеченный рост экспрессии IFN- γ в 2,7 раза в группе применения препарата «Феронамин» говорит об иммуномодулирующем эффекте. Исследования по изучению относительного уровня экспрессии генов про- и противовоспалительных цитокинов у поросят при вакцинации показали отсутствие негативного эффекта от применения препарата «Феронамин» и положительное иммуномодулирующее действие, что дает возможность рекомендовать данный препарат как иммунное средство совместно с вакциной «Ингельвак Циркофлекс».

Conclusion. The study of gene expression of a number of cytokines during vaccination showed that the introduction of the vaccine Ingelvac CircoFLEX led to an increase in the expression of proinflammatory cytokine genes IL-1 α by 4.5 times and IL-1 β – by 3.5 times, and the use of the drug Feronamin reduced the negative effect of the vaccine on the body, increasing the expression of IL-1 β genes by 2.4 times. The use of the drug based on specific recombinant interferons during vaccination can reduce side effects, such as an increase in body temperature. The combined use of Feronamin and the vaccine Ingelvac CircoFLEX did not affect the expression of IL-8, IL-6, IL-10. No inflammatory process was observed during vaccination, and the effect on the synthesis of these cytokines could possibly lead to negative phenomena. The observed 2.7-fold increase in IFN- γ expression in the Feronamin group indicates an immunomodulatory effect. The studies on the relative expression level of pro- and anti-inflammatory cytokine genes in piglets during vaccination showed no negative effect from the use of Feronamin and a positive immunomodulatory effect, which makes it possible to recommend this drug as an immune agent together with the vaccine Ingelvac CircoFLEX.

Список литературы. 1. *Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances* / J. Guo, L. Hou, J. Zhou [et al.] // *Viruses*. – 2022. – Sep. 10;14(9):2005. – doi: 10.3390/v14092005. PMID: 36146809; PMCID: PMC9504358. 2. Nye, K. E. *The basics of immunology for the non-immunologist* / K. E. Nye // *Diet and Human Immune Function* / D. A. Hughes, L. G. Darlington, A. Bendich [et al.]. – Totowa, New Jersey : Humana Press; 2004. – P. 3–15. 3. Opriessnig, T. *Porcine circovirus type 2 associated disease: update on current terminology, clinical manifestations, pathogenesis, diagnosis, and intervention strategies* / T. Opriessnig, X.-J. Meng, P. G. Halbur // *J. Vet. Diagn. Invest.* – 2007. – Vol. 19, № 6. – P. 591–615. 4. Gillespie, J. *Porcine circovirus type 2 and porcine circovirus-associated disease* / J. Gillespie // *J. Vet. Intern. Med.* – 2009. – Vol. 23, № 6. – P. 1151–1163. 5. Калимуллина, В. Р. *Эпизоотологическое и экономическое значение цирковиральной инфекции свиней в промышленном свиноводстве (обзор литературы)* / В. Р. Калимуллина, О. Г. Петрова // АВУ [Текст : электронный]. – 2012. – №10-2 (105). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epizootologicheskoe-i-ekonomicheskoe-znachenie-tsirkovirusnoj-infektsii-sviney-v-promyshlennom-svinovodstve-obzor-literatury> (дата обращения: 22.08.2022). 6. Кано, Г. *Эффект одновременной вакцинации против ЦВС-2 и Lawsonia intracellularis* / Г. Кано, Х. Санмартин // *Свиноводство*. – 2012. – № 3. – С. 55. – EDN OWLRJL. 7. Кобзарь, А. И. *Прикладная математическая статистика* / А. И. Кобзарь. – Москва : Физматлит, 2006. – 816 с. 8. *Оценка диагностического потенциала субстанции рекомбинантного белка капсида ЦВС-2 в качестве компонента ИФА* / К. В. Кудин, М. И. Потапович, И. В. Кудина, В. А. Прокулевич // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : сборник научных трудов*. – Минск : Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2018. – Т. 10. – С. 172–183. – EDN ITISNU. 9. Перетрухина, А. Т. *Бактериальные и вирусные препараты* / А. Т. Перетрухина, Е. И. Блинова. – Академия Естественных наук, 2010. 10. Попов, В. С. *Этиологические особенности иммунодефицитов у свиней в условиях промышленной технологии* / В. С. Попов, Н. В. Самбуров, А. А. Зорикова // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии* [Текст : электронный]. – 2016. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etiologicheskie-osobennosti-immunodefitsitov-u-sviney-v-usloviyah-promyshlennoy-tehnologii> (дата обращения: 29.07.2022). 11. *Серопревалентность к цирковирису 2 типа и парвовирису свиней в Центральном федеральном округе Российской Федерации* / А. С. Оганесян, О. П. Бъядовская, С. А. Дудников, Л. Б. Прохвятилова // *Ветеринарная патология*. – 2007. – № 4(23). – С. 91–95. – EDN OFAAEV. 12. *Сташкевич, Д. С. Актуальные вопросы иммунологии: система цитокинов, биологическое значение, генетический полиморфизм, методы определения: учебное пособие* / Д. С. Сташкевич, Ю. Ю. Филиппова, А. Л. Бурмистрова ; Челябинский государственный университет. – Челябинск : Цицеро, 2016. – 82 с. 13. Хрянин, А. А. *Интерферон-гамма: горизонты терапии* / А. А. Хрянин, О. В. Решетников // *Антибиотики и химиотерапия* [Текст : электронный]. – 2016. – №3-4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferon-gamma-gorizonty-terapii> (дата обращения: 03.05.2022). 14. Шахов, А. Г. *Этиология и профилактика желудочно-кишечных и респираторных болезней телят и поросят* / А. Г. Шахов // *Ветеринарный консультант*. – 2003. – № 1. – С. 11–13.

References. 1. *Porcine Circovirus Type 2 Vaccines: Commercial Application and Research Advances* / J. Guo, L. Hou, J. Zhou [et al.] // *Viruses*. – 2022. – Sep. 10;14(9):2005. – doi: 10.3390/v14092005. PMID: 36146809; PMCID: PMC9504358. 2. Nye, K. E. *The basics of immunology for the non-immunologist* / K. E. Nye // *Diet and Human Immune Function* / D. A. Hughes, L. G. Darlington, A. Bendich [et al.]. – Totowa, New Jersey : Humana Press; 2004. – R. 3–15. 3. Opriessnig, T. *Porcine circovirus type 2 associated disease: update on current terminology, clinical manifestations, pathogenesis, diagnosis, and intervention strategies* / T. Opriessnig, X.-J. Meng, P. G. Halbur // *J. Vet. Diagn. Invest.* – 2007. – Vol. 19, № 6. – P. 591–615. 4. Gillespie, J. *Porcine circovirus type 2 and porcine circovirus-associated disease* / J. Gillespie // *J. Vet. Intern. Med.* – 2009. – Vol. 23, № 6. – P. 1151–1163. 5. Kalimullina, V. R. *Эпизоотологическое и экономическое значение цирковиральной инфекции свиней в промышленном свиноводстве (обзор литературы)* / V. R. Kalimullina, O. G. Petrova // AVU [Текст : электронный]. – 2012. – №10-2 (105). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epizootologicheskoe-i-ekonomicheskoe-znachenie-tsirkovirusnoj-infektsii-sviney-v-promyshlennom-svinovodstve-obzor-literatury> (дата обращения: 22.08.2022). 6. Kano, G. *Effekt odnovennoy vakci-*

nacii protiv CVS-2 i Lawsonia intracellularis / G. Kano, H. Sanmartin // Svinovodstvo. – 2012. – № 3. – S. 55. – EDN OWLRJL. 7. Kobzar', A. I. Prikladnaya matematicheskaya statistika / A. I. Kobzar'. – Moskva : Fizmatlit, 2006. – 816 s. 8. Ocenka diagnosticheskogo potenciala substancii rekombinantnogo belka kapsida CVS-2 v kachestve komponenta IFA / K. V. Kudin, M. I. Potapovich, I. V. Kudina, V. A. Prokulevich // Mikrobnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty : sbornik nauchnyh trudov. – Moskva : Respublikanskoje unitarnoe predpriyatie "Izdatel'skij dom "Belorusskaya nauka", 2018. – T. 10. – S. 172–183. – EDN ITISNU. 9. Peretruhina, A. T. Bakterijnye i virusnye preparaty / A. T. Peretruhina, E. I. Blinova. – Akademiya Estestvoznaniya, 2010. 10. Popov, V. S. Etiologicheskie osobennosti immunodeficitov u svinej v usloviyah promyshlennoj tekhnologii / V. S. Popov, N. V. Samburov, A. A. Zorikova // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii [Tekst : elektronnyj]. – 2016. – №4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/etiologicheskie-osobennosti-immunodefitsitov-u-svinej-v-usloviyah-promyshlennoj-tehnologii> (data obrashcheniya: 29.07.2022). 11. Seroprevalentnost' k cirkovirusu 2 tipa i parvovirusu svinej v Central'nom federal'nom okruge Rossijskoj Federacii / A. S. Oganessian, O. P. B'yadovskaya, S. A. Dudnikov, L. B. Prohvatilova // Veterinarnaya patologiya. – 2007. – № 4(23). – S. 91–95. – EDN OFAAEB. 12. Stashkevich, D. S. Aktual'nyevoprosyimmunologii: sistemacitokinov, biologicheskoeznachenie, geneticheskijpolimorfizm, metodyopredeleniya: uchebnoeposobie / D. S. Stashke-vich, YU. YU. Filippova, A. L. Burmistrova ; CHelyabinskij gosudarstvennyj universitet. – CHelyabinsk : Cicero, 2016. – 82 s. 13. Hryanin, A. A. Interferon-gamma: gorizonty terapii / A. A. Hryanin, O. V. Reshetnikov // Antibiotiki i himioterapiya [Tekst : elektronnyj]. – 2016. – №3-4. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferon-gamma-gorizonty-terapii> (data obrashcheniya: 03.05.2022). 14. SHahov, A. G. Etiologiya i profilaktika zheludochno-kishechnyh i respiratornyh boleznej telyat i porosyat / A. G. SHahov // Veterinarnyj konsul'tant. – 2003. – № 1. – S. 11–13.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-65-73

УДК 636:616.441:615.1:550.47

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИООРГАНИЧЕСКОГО ЙОДА В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ, ПОЛУЧАВШИХ СОЕДИНЕНИЯ ЙОДА В СОСТАВЕ РАЦИОНА

*Тюрин В.Г. ORCID ID 0000000201539775, **Семенов В.Г. ORCID ID 0000-0002-0349-5825, ***Вагин К.Н. ORCID ID 0000-0003-4396-614X, *Курбангалеев Я.М. ORCID ID 0000-0003-3652-1978, ****Гайнутдинов Т.Р. ORCID ID 0000-0003-3832-883X, *Ильгизаровна Р.Г. ORCID ID 0000-0002-0810-7449, *Усольцев К.В. ORCID ID 0000-0001-5279-9836, *Идрисов А.М. ORCID ID 0000-0002-0053-7380, *****Багаутдинов И.А., *****Родионова Н.В. ORCID ID 0000-0001-5860-5668, *****Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433
 *ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», г. Казань, Научный городок-2, Российская Федерация
 **Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Российская Федерация
 ***Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Российская Федерация
 ****Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Российская Федерация
 *****ОАО «Ак Барс Пестрецы», Республика Татарстан
 *****ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И.Скрябина», г. Москва, Российская Федерация

Целью исследований явилось определение содержания биоорганического йода в организме кроликов и коров, получавших соединения йода в составе рациона. Спектрофотометрическими исследованиями установлено, что через 1 месяц после начала опытов количество белковосвязанного йода (БСИ) в сыворотке крови контрольных кроликов, которых кормили ОР, составляло $(44,33 \pm 1,45)$ мкг/дм³; у получавших рацион с дефицитом йода наблюдалось снижение до $(26,43 \pm 1,95)$ мкг/дм³ (на 39,8%), у животных третьей группы, получавших ОР+йодид калия, содержание БСИ в сыворотке крови составило $(48,27 \pm 1,62)$ мкг/дм³ (повышение на 9,8%); у животных четвертой группы, получавших ОР+биологически активная добавка «Ламинария – морская капуста БИО» (БАД), $(52,55 \pm 2,13)$ мкг/дм³ (повышение на 21,4%). Результаты иммуноферментного анализа показали, что изменения количества трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов в ходе опыта были аналогичны изменениям количества БСИ в сыворотке крови, определенного спектрофотометрическим методом. У коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя количество Т₃ в сыворотке крови коров снижается на 19,2%, а количество Т₄, наоборот, постепенно повышается на 20,6%. Количество БСИ в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% и в период раздоя находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³). При коррекции йододефицита добавлением препарата «Кайод» количество Т₃ в сыворотке крови коров повысилось на 27,8%; Т₄ - на 30,3% (P<0,01), количество БСИ - на 24,91% по сравнению с контрольной группой. Значения концентрации белковосвязанного йода в крови кроликов и гормонов щитовидной железы коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. **Ключевые слова:** белковосвязанный йод, гормоны, щитовидная железа, методы определения, кормовая добавка, йодид калия, кайод, кровь, кролики, коровы.

DETERMINATION OF THE CONTENT OF BIOORGANIC IODINE IN THE BODY OF ANIMALS RECEIVING IODINE COMPOUNDS AS COMPOSITION OF THE DIET

^{*},^{*****}Tyurin V.G., ^{***}Semenov V.G., ^{*****}Vagin K.N., ^{*}Kurbangaleev Y.M., ^{*****}Gaynutdinov T.R.,
^{*}Rakhmatullina G.I., ^{*}Usoltsev K.V., ^{*}Idrisov A.M., ^{*****}Bagautdinov I.A., ^{*****}Rodionova N.V.,
^{*****}Kapitonova E.A.

^{*}Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety",
Kazan, Russian Federation

^{**}The All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology,
Moscow, Russian Federation

^{***}Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

^{****}Kazan Federal University, Kazan, Russian Federation

^{*****}OJSC "Ak Bars Pestretsy", Republic of Tatarstan

^{*****}Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I.Scryabin,
Moscow, Russian Federation

*The purpose of the research was to determine the content of bioorganic iodine in the body of rabbits and cows that received iodine compounds as part of the diet. Spectrophotometric studies established that 1 month after the start of the experiments, the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of control rabbits fed OR was $(44.33 \pm 1.45) \mu\text{g}/\text{dm}^3$; in those receiving a diet with iodine deficiency, there was a decrease to $(26.43 \pm 1.95) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (by 39.8 %), in animals of the third group receiving OR + potassium iodide, the content of BSI in the blood serum was $(48.27 \pm 1.62) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (increase by 9.8 %); in animals of the fourth group that received OR + biologically active additive "Laminaria – sea kale BIO (BAA), $(52.55 \pm 2.13) \mu\text{g}/\text{dm}^3$ (increase by 21.4 %). The results of the enzyme immunoassay showed that changes in the amount of triiodothyronine (T3) and thyroxine (T4) in the blood serum of rabbits during the experiment were similar to changes in the amount of BSI in the blood serum determined by the spectrophotometric method. In cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, the amount of T3 in the blood serum of cows decreases by 19.2 %, and the amount of T4, on the contrary, gradually increases by 20.6 %. The amount of BSI in the blood serum of cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, decreases by 15.63 % and during the milking period is at the lower limit of the physiological norm for this type of animal (the norm for dairy cows is $50 \mu\text{g}/\text{dm}^3$). When correcting iodine deficiency by adding the drug Kayod, the amount of T3 in the blood serum of cows increased by 27.8 %; T4 – by 30.3 % ($P < 0.01$), the number of BSI – by 24.91 % compared to the control group. The concentrations of protein-bound iodine in the blood of rabbits and thyroid hormones correlate with each other, and the two methods used complement each other. **Keywords:** protein-bound iodine, hormones, thyroid gland, determination methods, feed additive, potassium iodide, Kayod, blood, rabbits, cows.*

Введение. Йод является одним из микроэлементов, играющих решающую роль в развитии животных и птицы. Более половины всего йода, находящегося в организме, аккумулируется в тканях щитовидной железы (ЩЖ) [2, 4].

Тироксин и трийодтиронин образуются в фолликулярных клетках ЩЖ из аминокислоты тирозина и неорганического йода. Органический йод плазмы крови представлен в основном гормонами ЩЖ, связанными с глобулинами и частично с альбуминами. Связанный с белком йод плазмы крови от 90% до 95% состоит из тироксина, поэтому его уровень в крови служит критерием для оценки функционального состояния ЩЖ.

В ЩЖ йод окисляется до атомарного йода, который включается в молекулу тиреоглобулина с образованием органически связанного йода. Основными йодированными тиреоглобулинами являются производные аминокислоты тирозина – йодтирозин и йодтиронин. Наиболее высокое содержание йода в тироксине – его молекула на 65% состоит из йода. Йод в ЩЖ катализирует превращение тироксина в трийодтиронин. Около 2% йода остается в неорганической форме (йодидов) и может возвращаться в плазму крови. Этот йод называется лабильно связанным. Из организма йод выводится от 70% до 80%, в основном почками [1, 9, 11].

Влияние гормонов щитовидной железы сказывается на всех процессах обмена веществ (белковый, углеводный, жировой, водно-солевой). Так, тиреоидные гормоны, во-первых, повышают потребность тканей в кислороде, образование энергии, разобщают процессы окисления и фосфорилирования, поэтому освободившаяся энергия не накапливается в макроэргических фосфатных соединениях; во-вторых – влияют на белковый обмен и при нормальном содержании гормонов способствуют синтезу белка и росту [6, 7, 10].

При составлении рационов следует учитывать природные условия того или иного региона Российской Федерации по содержанию йода, так как вся выращенная продукция в регионах с низким содержанием йода приводит к йододефицитному состоянию [2]. Поэтому в 95 странах мира принято законодательство по обогащению соли йодом. В нашей стране среднее потребление йода на одного человека составляет не более 40-80 мкг в сутки, что практически в три раза меньше нормы, которая составляет 150-250 мкг. Снижение содержания гормонов щитовидной железы приводит к снижению репродуктивной функции, эндемическому зобу и гипотиреозу [3, 5].

Для определения йододефицита в организме предложены различные методы. Однако каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, применение этих методов требует детальной апробации и объективной оценки. В связи с изложенным считаем, что отбор и испытание наиболее оптимального способа определения биоорганического йода в организме является важнейшей задачей выявления и устранения йододефицита для обеспечения продовольственной безопасности страны [5, 8].

Наиболее чувствительными, информативными и доступными методами определения йода в крови являются иммуноферментный метод тиреоидных гормонов T_3 и T_4 , а также спектрофотометрический метод определения белково-связанного йода (БСИ). Последний основан на измерении каталитической активности йода в системе $Se^{+4}-As^{+3}$ по Е.В. Sandell, I.M. Kolthoff.

Целью проведенных исследований явилось определение содержания биоорганического йода в организме кроликов и коров, получавших соединения йода в составе рациона.

Материалы и методы исследований. Опыты проведены в 3 сериях и в 2 повторностях. 1-я серия опытов проведена в условиях отделения радиобиологии. В качестве объектов исследований использованы 24 кролика обоего пола в возрасте от 9 до 12 месяцев, массой от 2,8 до 3,5 кг, разделенных по принципу аналогов на четыре группы по шесть животных в каждой. Животные первой группы получали основной рацион (ОР), соответствующий зоотехническим требованиям, без биодобавок и служили контролем, животные второй группы получали йододефицитный рацион. Животных третьей и четвертой групп кормили ОР с добавлением ежедневно в течение 30 суток, соответственно, неорганического йода в виде йодида калия и биоорганического йода в виде биологически активной добавки (БАД) «Ламинария – морская капуста БИО». Неорганический йод добавляли в питьевую воду в дозе 3 мг/животное. БАД давали с кормом в виде порошка с частицами размером 3,0 мм из расчета 2 г на 1 кг корма.

Далее 2-я и 3-я серии опытов были проведены в условиях отделения радиобиологии и ОАО «Ак Барс Пестрецы» Пестречинского района Республики Татарстан. Во 2 серии опытов в соответствии с поставленной задачей проводился мониторинг йододефицита у коров различных физиологических групп по содержанию у них БСИ, а также тиреоидных гормонов T_3 и T_4 . Для этого были взяты 30 коров из группы периода сухостоя, послеродового периода и периода раздоя по 10 голов в каждой, а также 5 голов телят в возрасте от 1 до 4 мес. У коров и телят исследовали содержание БСИ с помощью спектрофотометрического метода, а также гормонов ЩЖ трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4) в сыворотке крови с использованием иммуноферментного анализа (ИФА).

В 3 серии опытов изучали возможность коррекции йододефицита у коров группы послеродового периода и периода раздоя путем добавления препарата «Кайод» (йодида калия). По результатам 2 серии опытов были отобраны 12 коров со сравнительно низким содержанием БСИ и тиреоидных гормонов, которые были разделены на 2 аналогичные группы по 6 голов в каждой.

Для коров разных физиологических групп в хозяйстве использовались соответствующие рационы, разработанные согласно зоотехническим нормам кормления. Животные первой группы получали основной рацион (ОР, таблица 1) без биодобавок и служили контролем. Животных второй группы кормили основным рационом с добавлением ежедневно в течение 30 сут. препарата «Кайод». Препарат «Кайод» Российского производства (компания-производитель: ООО НПК «Асконт+») выпускается в виде таблеток в пластиковых банках по 50 и 1000 таблеток в банке. Одна таблетка препарата «Кайод» содержит 6 мг йодида калия. Препарат давали коровам в виде таблеток с концентратами в дозе 12,0 мг/животное в сутки, что соответствует 10 мг йода с учетом содержания калия в массе йодида калия, равного 25 процентам.

Таблица 1 – Рацион кормления коров

Состав рациона	Единица измерения	Основной рацион
Сено люцерновое	кг	5
Травяная резка	кг	1
Сенаж разнотравный	кг	6
Силос кукурузный	кг	10
Корнеплоды	кг	6
Концентраты	кг	4,8
Соль поваренная	г	90
Динатрий фосфат	г	40
Цинк сернокислый	мг	1020
Кобальт хлористый	мг	14
Масса рациона	кг	32,930
В рационе содержится:		
Кормовых единиц		12,60

Продолжение таблицы 1

Состав рациона	Единица измерения	Основной рацион
Сухого вещества	кг	15,90
Обменной энергии	Мдж	161,00
Сырого протеина	г	1970,00
Переваримого протеина	г	1280
Сырого жира	г	408,00
Сырой клетчатки	г	3632,00
Сахара	г	1152,00
Крахмала	г	2369,00
Кальция	г	90,00
Фосфора	г	63,00
Магния	г	29,00
Калия	г	229,00
Серы	г	32,00
Меди	мг	125,00
Железа	мг	6439,00
Марганца	мг	807,00
Цинка	мг	755,00
Кобальта	мг	9,00
Йода	мг	10,00
Каротина	мг	532,00
Витамина D	тыс. МЕ	12,6
Витамина E	мг	505

Определение белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров проводили с использованием спектрофотометрического метода по E.B. Sandell, I.M. Kolthoff в модификации К.Б. Яцимирского [8]. Для этого у животных брали пробы крови и выделяли сыворотку общепринятым методом.

Техника определения белково-связанного йода по указанному методу состоит из следующих процессов:

- осаждение белков сыворотки крови белковыми осадителями и отмывание белкового осадка от неорганического йода;
- выделение элементарного йода из белкового осадка;
- количественное определение йода спектрофотометрическим методом.

В пробирку из термостойкого стекла вносили 0,5 см³ сыворотки крови, добавляли бидистиллированную воды до 8 см³, перемешивали, добавляли 1 см³ 10% раствора ZnSO₄ и 1 см³ 0,5 н. раствора KOH. Перемешивали стеклянной палочкой и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин. Надосадочный слой сливали. Осадок промывали 3 раза в бидистиллированной воде (по 10 см³), к промытому осадку приливали 1 см³ 2 н. раствора KOH, в котором растворяли осадок. Пробу помещали в сушильный шкаф на время от 16 до 18 ч при температуре (90±5) °С. Высушенный осадок сжигали в муфельной печи при температуре (600±25) °С в течение 1 ч. К охлажденному минерализованному осадку добавляли 10 см³ бидистиллированной воды, перемешивали и центрифугировали при 3000 об/мин в течение 15 мин.

В спектрофотометрические пробирки переносили по 4 см³ надосадочной жидкости (две пробы), добавляли 1 см³ мышьяковистого ангидрида, перемешивали и помещали в водяную баню при температуре 37 °С. Через 10 мин в каждую пробирку с интервалом в 1 мин. добавляли по 1 см³ 0,04 н. раствора церия-аммония сернокислого окисного той же температуры. Энергично встряхивали и инкубировали в водяной бане 20 мин., после чего проводили спектрофотометрию при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см против бидистиллированной воды.

Калибровочную кривую строили в диапазоне доз 0,02–0,04–0,06 мкг йода в пробе. Для этого в пробирки (№ 1, 2, 3, 4) вносили по 0,5 см³ 2 М раствора соляной кислоты. В пробирку № 1 добавляли 3,5 см³ бидистиллированной воды, № 2 – 2,5 см³ бидистиллированной воды и 1 см³ калибровочного раствора с 0,02 мкг йода, № 3 – 1,5 см³ бидистиллированной воды и 2 см³ калибровочного раствора с 0,04 мкг йода, № 4 – 0,5 см³ бидистиллированной воды и 3 см³ калибровочного раствора с 0,06 мкг йода. Во все пробирки добавляли по 0,5 см³ мышьяковистого ангидрида. Затем все операции выполняли так же, как с испытуемыми образцами.

Концентрацию йода в 1 дм³ сыворотки крови С, мкг/дм³, вычисляли по формуле:

$$C = \frac{A}{B} \times 2500, \quad (1)$$

где А – количество йода в пробе, определенное по калибровочной кривой, мкг;
Б – количество сыворотки крови, взятой в опыт, дм³.

Определение функциональной активности ЩЖ с использованием иммуноферментного анализа (ИФА) проводили согласно инструкции по применению «Наборов реактивов для иммуноферментного определения концентрации трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови», произведенных АО «Вектор-Бест».

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом вариационной статистики с использованием компьютерной программы «Microsoft Office Excel».

Результаты исследований. Исследованиями установлено (таблица 2), что количество БСИ в сыворотке крови контрольных кроликов в ходе опыта повысилось на 2,8%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 39,8% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 9,8%; у животных четвертой группы, получавших БАД «Ламинария – морская капуста БИО» – на 21,4% (P<0,01).

Таблица 2 – Результаты спектрофотометрического определения содержания БСИ в сыворотке крови кроликов до и после добавки в рацион неорганического и органического йода, мкг/дм³

Группа	Исход (фон)	1 месяц
1 (контроль) – ОР	43,10±1,43	44,33±1,45
2 – йододефицитный рацион	43,90±1,55	26,43±1,95*
3 – ОР + йодид калия	43,95±1,63	48,27±1,62
4 – ОР + БАД	43,28±1,25	52,55±2,13*

Примечание. * – P<0,05.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 3) показали, что количество Т₃ в сыворотке крови кроликов контрольной группы в ходе опыта повысилось на 1,6%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 40,8% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 14,4%; у животных четвертой группы, получавших БАД, повысилось на 35,0% (P<0,01). Количество Т₄ в сыворотке крови кроликов контрольной группы в ходе опыта повысилось на 3,6%; у животных второй группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 44,3% (P<0,01); у животных третьей группы, получавших неорганический йод, повысилось на 16,3%; у животных четвертой группы, получавших БАД, повысилось на 45,4% (P<0,01).

Таблица 3 – Концентрация трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов (нмоль/л)

Группа	Исход (фон)		1 месяц	
	Т ₃	Т ₄	Т ₃	Т ₄
1 (контроль) – ОР	1,87±0,15	75,72±4,67	1,90±0,12	78,43±4,47
2 – йододефицитный рацион	1,91±0,12	78,20±4,88	1,13±0,08*	43,57±2,23*
3 – ОР + йодид калия	1,88±0,14	80,68±4,25	2,15±0,13	93,85±5,77
4 – ОР + БАД	1,80±0,12	72,13±3,03	2,43±0,15*	104,90±5,50*

Примечание. * – P<0,01.

На 30 сутки опыта у животных третьей группы, получавших основной рацион с добавлением неорганического йода (ОР + йодид калия) (P>0,05), а также у животных четвертой группы, получавших основной рацион с добавлением БАД (ОР + БАД) (P<0,01), показатели Т₃ и Т₄ были значительно выше контроля.

Результаты исследований по моделированию йододефицита у лабораторных животных с использованием кормов с различным содержанием йода показали, что кормление опытных животных в течение одного месяца йододефицитным рационом создает у них йододефицитное состояние.

Спектрофотометрическими исследованиями установлено (таблица 4), что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% (P<0,05) и находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³).

Таблица 4 – Результаты спектрофотометрического определения содержания белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров, мкг/дм³, в различные периоды лактации (n = 10)

Группа (период)	Концентрация БСЙ
I – сухостоя	57,25±2,24
II – послеродовой (1-2 мес.)	51,40±4,30
III – раздоя	49,51±3,10*
IV – телята 1-4 мес.	59,48±2,98

Примечание. * – $P < 0,05$.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 5) показали, что количество трийодтиронина (T_3) в сыворотке крови коров снижается по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя (на 19,2%, $P < 0,01$).

При этом за этот период количество тироксина (T_4) в сыворотке крови коров, наоборот, постепенно повышается на 20,6% ($P < 0,05$). Это, по-видимому, связано с тем, что, в ходе подсосного периода и периода раздоя напряженность биосинтетических процессов в щитовидной железе повышалась, что было направлено на создание гормонального запаса в организме коров с целью обеспечения и поддержания процесса молокообразования.

Конверсия (превращение) тироксина в трийодтиронин (T_4/T_3) у коров по мере раздоя уменьшалась на 43,8%. Логично предположить, что это было результатом подготовки организма матери к восстановлению полового цикла, инициирующего мобилизацию всех внутренних резервов организма коров, в том числе и эндокринных.

Таблица 5 – Результаты мониторинга йододефицита у коров по концентрации трийодтиронина (T_3) и тироксина (T_4) в сыворотке крови (нмоль/л) в различные периоды лактации (n = 10)

Группа (период)	T_3 (нмоль/л)	T_4 (нмоль/л)	T_4/T_3 , (усл. ед.)
I – сухостоя	2,17±0,06	87,30±4,67	40,23
II – послеродовой (1-2 мес.)	1,93±0,10	96,70±4,30	50,10
III – раздоя	1,82±0,10**	105,30±5,40*	57,86
IV – телята 1-4 мес	1,76±0,20	142,30±4,30	80,85

Примечание. * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

В 3 серии опытов изучали возможность коррекции йододефицита у коров группы послеродового периода и периода раздоя путем добавления препарата «Кайод» (йодида калия). Животные первой группы получали основной рацион (ОР) без биодобавок и служили контролем. Животных второй группы кормили основным рационом с добавлением ежедневно в течение 30 сут. препарата «Кайод».

Спектрофотометрическими исследованиями установлено (таблица 6), что количество БСЙ в сыворотке крови контрольных коров в ходе опыта не изменялось; у животных второй группы, получавших препарат «Кайод», к концу опыта повысилось на 24,91% ($P < 0,01$) по сравнению с контрольной группой.

Таблица 6 – Результаты спектрофотометрического определения содержания белково-связанного йода (БСЙ) в сыворотке крови коров до и после введения в рацион препарата «Кайод», мкг/дм³ (n = 6)

Группа	Фон	30 сут.
I (ОР) – контроль	48,40±2,33	47,70±2,02
II (ОР+кайод)	47,97±2,10	59,58±2,37**

Примечание. ** – $P < 0,01$.

Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ (таблица 7) показали, что количество трийодтиронина (T_3) в сыворотке крови коров контрольной группы в ходе опыта существенно не изменялось; у получавших препарат «Кайод» – повысилось на 27,8% ($P < 0,01$). Количество тироксина (T_4) в сыворотке крови у коров, получавших препарат «Кайод», повысилось на 30,3% ($P < 0,01$).

Таблица 7 – Концентрация трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) (нмоль/л) в сыворотке крови коров послеродового периода и периода раздоя при коррекции йододефицита препаратом «Кайод» (n = 6)

Группа	Исход (фон)		Через 1 месяц	
	Т ₃	Т ₄	Т ₃	Т ₄
I (ОР) – контроль	1,67±0,07	92,67±4,50	1,69±0,07	90,83±4,33
II (ОР+кайод)	1,73±0,06	88,50±3,83	2,16±0,07**	118,33±5,83**

Примечание. ** – $P < 0,01$.

Заключение. По данным спектрофотометрических исследований количество БСИ в сыворотке крови контрольных кроликов повысилась на 2,8%; у животных 2-й группы, получавших йододефицитный рацион, снизилось на 39,8%; у животных 3-й группы, получавших неорганический йод, повысилось на 9,8%; у животных 4-й группы, получавших БАД «Ламинария – морская капуста БИО», повысилось на 21,4%. При этом результаты иммуноферментного анализа показали, что изменения количества трийодтиронина (Т₃) и тироксина (Т₄) в сыворотке крови кроликов в ходе опыта были аналогичны изменениям количества БСИ в сыворотке крови, определенного спектрофотометрическим методом. Установлено, что поступление йода в организм животных в виде БАД «Ламинария – морская капуста БИО» на фоне кормления ОР сопровождается более выраженным усвоением йода щитовидной железой, чем при поступлении в виде калия йодида.

Значения концентрации белково-связанного йода в крови кроликов и гормонов щитовидной железы коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. Спектрофотометрический метод позволяет определить наличие или отсутствие йододефицита, а количество гормонов трийодтиронина и тироксина, которые регулируют основные процессы жизнедеятельности, характеризует функциональную активность щитовидной железы.

Спектрофотометрическими исследованиями установлено, что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови коров по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя снижается на 15,63% ($P < 0,05$) и находится на нижнем пределе уровня физиологической нормы для данного вида животных (норма для дойных коров 50 мкг/дм³). В результате проведенных исследований установлено, что количество трийодтиронина (Т₃) в сыворотке крови коров снижается по мере повышения молокоотдачи от сухостойного периода к периоду раздоя (на 19,2%, $P < 0,01$). Количество тироксина (Т₄) в сыворотке крови коров за этот период постепенно повышалось на 20,6% ($P < 0,05$). Конверсия тироксина в трийодтиронин (Т₄/Т₃) у коров по мере раздоя уменьшалась на 43,8%.

В 3 серии опытов установлено, что количество белково-связанного йода (БСИ) в сыворотке крови контрольных коров в ходе опыта не изменялось; у животных 2-й группы, получавших препарат «Кайод», к концу опыта повысилось на 24,91% ($P < 0,01$) по сравнению с контрольной группой. Результаты иммуноферментного определения концентрации гормонов ЩЖ показали, что количество трийодтиронина (Т₃) в сыворотке крови коров контрольной группы в ходе опыта существенно не изменялось; у получавших препарат «Кайод» – повысилось на 27,8% ($P < 0,01$). Количество тироксина (Т₄) в сыворотке крови у коров, получавших препарат «Кайод», повысилось на 30,3% ($P < 0,01$). Значения концентрации белково-связанного йода и гормонов щитовидной железы в сыворотке крови коррелируют между собой, а два использованных метода дополняют друг друга. Спектрофотометрический метод позволяет определить наличие или отсутствие йододефицита, а количество гормонов трийодтиронина и тироксина, которые регулируют основные процессы жизнедеятельности, характеризует функциональную активность щитовидной железы.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности». Номер государственного учета НИОКТР - 122042600099-7. Работа выполнена в рамках Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

Conclusion. According to the spectrophotometric studies, the amount of BSI in the blood serum of control rabbits increased by 2.8%; in animals of group 2 receiving an iodine-deficient diet, it decreased by 39.8%; in animals of the 3rd group receiving inorganic iodine, it increased by 9.8%; in animals of the 4th group receiving the dietary supplement Laminaria – sea kale BIO, it increased by 21.4%. At the same time, the results of the enzyme immunoassay showed that changes in the amount of triiodothyronine (T₃) and thyroxine (T₄) in the blood serum of rabbits during the experiment were similar to changes in the amount of BSI in the blood serum determined by the spectrophotometric method. It has been established that the intake of iodine into the body of animals in the form of the dietary supplement Laminaria - Seaweed BIO against the background of feeding with OR is accompanied by a more pronounced absorption of iodine by the thyroid gland than when supplied in the form of potassium iodide.

The concentrations of protein-bound iodine in the blood of rabbits and thyroid hormones correlate with each other, and the two methods used complement each other. The spectrophotometric

method allows us to determine the presence or absence of iodine deficiency, and the amount of the hormones triiodothyronine and thyroxine, which regulate basic life processes, characterizes the functional activity of the thyroid gland.

Spectrophotometric studies have established that the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of cows, as milk yield increases from the dry period to the milking period, decreases by 15.63% ($P < 0.05$) and is at the lower limit of the physiological norm for this animal species (norm for dairy cows 50 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$). As a result of the studies, it was established that the amount of triiodothyronine (T3) in the blood serum of cows decreases as milk yield increases from the dry period to the milking period (by 19.2%, $P < 0.01$). The amount of thyroxine (T4) in the blood serum of cows during this period gradually increased by 20.6% ($P < 0.05$). The conversion of thyroxine to triiodothyronine (T4/T3) in cows decreased by 43.8% as they milked.

In series 3 of experiments, it was established that the amount of protein-bound iodine (BPI) in the blood serum of control cows did not change during the experiment; in animals of the 2nd group receiving the drug Kayod, by the end of the experiment it increased by 24.91% ($P < 0.01$) compared to the control group.

The results of enzyme-linked immunosorbent determination of the concentration of thyroid hormones showed that the amount of triiodothyronine (T3) in the blood serum of cows in the control group did not change significantly during the experiment; in those receiving the drug Kayod it increased by 27.8%; ($P < 0.01$). The amount of thyroxine (T4) in the blood serum of cows receiving the drug Kayod increased by 30.3% ($P < 0.01$). The concentrations of protein-bound iodine and thyroid hormones in blood serum correlate with each other, and the two methods used complement each other. The spectrophotometric method allows us to determine the presence or absence of iodine deficiency, and the amount of the hormones triiodothyronine and thyroxine, which regulate basic life processes, characterizes the functional activity of the thyroid gland.

The work was carried out using subsidies allocated by the Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety. State registration number of R&D is 122042600099-7. The work was carried out within the framework of the Strategic Academic Leadership Program of the Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY-2030).

Список литературы. 1. Афанасьева, А. И. Влияние различных доз йодсодержащего препарата «Монклавит-1» на уровень тиреоидных гормонов щитовидной железы в крови лактирующих овец Западносибирской мясной породы / А. И. Афанасьева, В. А. Сарычев // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6. – С. 100–104. 2. Конструирование дефицита йода в организме кроликов / К. Н. Вагин, Т. Р. Гайнутдинов, Ф. Р. Вафин [и др.] // Инновационные решения актуальных вопросов биобезопасности : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Казань, 2022. – С. 93–97. 3. Взаимосвязь химического состава почвы и поверхностных вод Республики Крым и их влияние на развитие эндемичных заболеваний / С. В. Иванов, М. Г. Гук, Ф. Р. Фазылова [и др.] // Центральный научный вестник. – 2018. – Т. 3, № 10 (51). – С. 15–19. 4. Карабаева, М. Э. Проблема йододефицита у животных / М. Э. Карабаева // Эффективное животноводство. – 2018. – № 2 (141). – С. 28–29. 5. Методические рекомендации по гамма-облучению различных видов продукции и сырья растительного и животного происхождения / Р. Н. Низамов, В. В. Уваев, Н. М. Василевский [и др.]. – Казань, 2021. 6. Морфо-биохимические функции организма овец и их коррекция в условиях йододефицита / М. И. Селионова, А. К. Михайленко, Л. Н. Чижова [и др.] // Юг России: экология, развитие [Текст : электронный]. – 2019. – Т. 14, № 1. – С. 42–53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-biohimicheskie-funktsii-organizma-ovets-i-ih-korreksiya-v-usloviyah-yododefitsita> (дата обращения: 19.02.2024). 7. Технология производства продукции животноводства : курс лекций : учебно-методическое пособие : в 2 ч. / М. А. Гласкович, Е. А. Капотонова, Т. В. Соляник [и др.]. – Горки : БГСХА, 2017. – Ч. 2 : Технология производства продукции коневодства, овецоводства, пушного звероводства и пчеловодства. – 239 с. 8. Яцимирский, К. Б. Кинетические методы анализа / К. Б. Яцимирский. – Москва : Химия, 1967. – 204 с. 9. Radioprotective activity of gamma-irradiated *St. aureus* variants / T. R. Gainutdinov, K. N. Vagin, R. N. Nizamov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 1176–1193. 10. Agricultural products decontamination from natural flora by gamma-irradiation / Ya. M. Kurbangaleev, K. N. Vagin, T. R. Gainutdinov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – P. 981–992. 11. A 2018 European Thyroid Association Survey on the Use of Selenium Supplementation in Hashimoto's Thyroiditis / K. H. Winther, E. Papini, R. Attanasio [et al.] // *Eur Thyroid J*. – 2020. – № 9. – P. 99–105.

References. 1. Afanas'eva, A. I. Vliyaniye razlichnykh doz jodsoderzhashchego preparata «Monklavit-1» na uroven' tireoidnykh gormonov shchitovidnoj zhelezy v krovi laktiruyushchih ovec Zapadnosibirskoj myasnoj porody / A. I. Afanas'eva, V. A. Sarychev // *Vestnik KrasGAU*. – 2018. – № 6. – S. 100–104. 2. Konstruirovaniye deficita joda v organizme krolikov / K. N. Vagin, T. R. Gajnutdinov, F. R. Vafin [i dr.] // *Innovacionnye resheniya aktual'nykh voprosov biobezopasnosti : sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. – Kazan', 2022. – S. 93–97. 3. Vzaimosvyaz' himicheskogo sostava pochvy i poverhnoznykh vod Respubliki Krym i ih vliyaniye na razvitie endemichnykh zabolevanij / S. V. Ivanov, M. G. Guk, F. R. Fazylova [i dr.] // *Central'nyj nauchnyj vestnik*. – 2018. – T. 3, № 10 (51). – S. 15–19. 4. Karabaeva, M. E. Problema jododefitsita u zhivotnykh / M. E. Karabaeva // *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. – 2018. – № 2 (141). – S. 28–29. 5. Metodicheskie rekomendacii po gamma-oblucheniyu razlichnykh vidov produkcii i syr'ya rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya / R. N. Nizamov, V. V. Uvaev, N. M. Vasilevskij [i dr.]. – Kazan', 2021. 6. Morfo-biohimicheskie funktsii organizma ovec i ih

korrekciya v usloviyah jododeficit / M. I. Selionova, A. K. Mihajlenko, L. N. CHizhova [i dr.] // YUg Rossii: ekologiya, razvitiye [Tekst : elektronnyj], – 2019. – T. 14, № 1. – С. 42–53. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/morfo-biohimicheskie-funksii-organizma-ovets-i-ih-korreksiya-v-usloviyah-yododefitsita> (data obrashcheniya: 19.02.2024). 7. Tekhnologiya proizvodstva produkcii zhivotnovodstva : kurs lekcij : uchebno-metodicheskoe posobie : v 2 ch. / M. A. Glaskovich, E. A. Kapitonova, T. V. Solyanik [i dr.]. – Gorki : BGSKHA, 2017. – CH. 2 : Tekhnologiya proizvodstva produkcii konevodstva, ovcevodstva, pushnogo zverovodstva i pchelovodstva. – 239 s. 8. YAcimirskij, K. B. Kineticheskie metody analiza / K. B. YAcimirskij. – Moskva : Himiya, 1967. – 204 s. 9. Radioprotective activity of gamma-irradiated *St. aureus* variants / T. R. Gaynutdinov, K. N. Vagin, R. N. Nizamov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – R. 1176–1193. 10. Agricultural products decontamination from natural flora by gamma-irradiation / Ya. M. Kurbangaleev, K. N. Vagin, T. R. Gainutdinov [et al.] // *Linguistica Antverpiensia*. – 2021. – Vol. 2021, № 2. – R. 981–992. 11. A 2018 European Thyroid Association Survey on the Use of Selenium Supplementation in Hashimoto's Thyroiditis / K. H. Winther, E. Papini, R. Attanasio [et al.] // *Eur Thyroid J*. – 2020. – № 9. – P. 99–105.

Поступила в редакцию 15.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-73-78

УДК 619:616.995.132.6

КАПИЛЛЯРИОЗ КУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ

Ятусевич А.И. ORCID ID 0000-0003-2701-6419, Ковалевская Е.О. ORCID ID 0000-0002-6382-5355,
Шлыкova П.П. ORCID ID 0009-0001-0532-0527

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*В работе предоставлены результаты впервые проведенного эпизоотологического мониторинга капилляриоза кур в условиях Витебской и Гомельской областей (экстенсивность инвазии в среднем составила 31,3%). Изучены сроки развития яиц капиллярий во внешней среде при различных температурах (развитие их до инвазионной стадии занимает от 2 недель до месяца). При исследовании показателей крови наблюдалось: эритропения, лейкоцитоз, снижение содержания гемоглобина, общего белка, его фракций и глюкозы; повышение ферментативной активности сыворотки крови, содержания холестерина и мочевой кислоты. Испытаны лекарственные средства растительного (отвар пижмы обыкновенной) и химического («Фенгран 20%») происхождения. Проанализированы их эффективность и влияние на организм кур: экстенсивность отвара пижмы обыкновенной составила 80%, препарата «Фенгран 20%» – 100%. Установлено, что при терапии кур соответствующими препаратами показатели крови улучшаются и стабилизируются к 10-му дню исследований. **Ключевые слова:** птицеводство, куры-несушки, гельминтозы, капилляриоз, показатели крови, антигельминтные препараты.*

CAPILLARIASIS IN CHICKENS UNDER CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS AND MEASURES AGAINST IT

Yatusevich A.I., Kovalevskaya E.O., Shlykova P.P.

EE "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine", Vitebsk, Republic of Belarus

*The paper presents the results of the first epizootiological monitoring of chicken capillariasis in the Vitebsk and Gomel regions (the average rate of infestation prevalence was 31.3%). The terms of the development of capillaria eggs in the external environment at different temperatures were studied (the development to the invasive stage takes from 2 weeks to a month). In the study of blood indices, the following was observed: erythropenia, leukocytosis, a decrease in the content of haemoglobin, total protein, its fractions and glucose; an increase in the enzymatic activity of blood serum, cholesterol and uric acid content. Medicines of herbal (decoction *Tanacetum vulgare*) and chemical (Fengran 20%) origin were tested. Their efficacy and effect on the organism of chickens were analysed: extensefficacy of the decoction of *Tanacetum vulgare* was 80%, of the preparation Fengran 20% – 100%. It is established that in the therapy of chickens by the corresponding drugs, the blood indices improve and stabilize by the 10th day of research. **Keywords:** poultry farming, laying hens, helminthic diseases, capillariasis, blood parameters, antihelminthic preparations.*

Введение. Птицеводство как одна из рентабельных областей за последние годы обрело значительное развитие, как в промышленном птицеводстве, так и в личных подсобных хозяйствах граждан и фермерских хозяйствах. Интенсивное развитие промышленного птицеводства стало возможным благодаря повышению роли науки в решении проблем разведения, кормления, содержания птицы, усовершенствованию технического оснащения птицефабрик, производства комбикормов [7].

Развитие данной отрасли сдерживается многими факторами, в том числе и патогенным влиянием гельминтов на организм птицы [4]. Паразитофауна птиц все еще не изучена в полной мере, а также отмечается тенденция к распространению новых и возвращающихся болезней, что является актуальным на современном этапе развития. К числу распространенных болезней куриных птиц,

наносящих значительный экономический ущерб, относят аскаридоз, гетеракидоз и капилляриоз [1, 8], который в последнее время занял важное место в числе основных гельминтозов птиц.

Целью наших исследований явилось изучение эпизоотической ситуации по капилляриозу кур, изыскание эффективных средств лечения и профилактики данной инвазии.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования служили куры-несушки различных пород (Витебской и Гомельской областей), пробы фекалий которых исследовались в течение первых 6-12 часов после отбора флотационными методами Дарлинга, Щербовича и Фюллеборна [3]. Всего в хозяйствах на предмет обнаружения яиц капиллярий было исследовано 208 проб фекалий, взятых с почвы и покрытия помещения. Подсчет яиц гельминтов проводили в 20-ти п.з.м.

Для определения сроков развития капиллярий во внешней среде при различных температурных режимах пробы фекалий помещали в термостат для культивирования при температуре 25-27-28°C до развития в яйце инвазионной личинки. Также проводилось ежедневное помешивание фекалий с целью аэрации и при необходимости – увлажнение.

Оценку влияния гельминтов на организм инвазированных капилляриями кур осуществляли путем изучения гематологических и биохимических показателей крови [2, 5]. Было сформировано две группы кур (n=5). Первая группа (опытная) – куры, инвазированные капилляриями; вторая группа (контрольная) – куры, свободные от гельминтов. Содержались куры в условиях, которые исключают естественное заражение, что подтверждалось трехкратными отрицательными результатами копроскопических исследований и отсутствием капиллярий у кур контрольной группы в течение эксперимента. Исследования крови проводились три раза с интервалом 5 дней. Гематологические и биохимические исследования проводились в отделе научно-исследовательских экспертиз НИИ ПВМ и Б УО ВГАВМ.

Терапевтическую эффективность антигельминтных препаратов («Фенгран 20%» и отвар пижмы обыкновенной) изучали на спонтанно инвазированной птице [6]. Три группы были сформированы по принципу аналогов после обнаружения в пробах фекалий яиц капиллярий. Оценку влияния препаратов на организм кур проводили путем изучения показателей крови. Все цифровые данные, полученные при проведении исследований, обработаны статистически с помощью персонального компьютера IBM (цифрового процессора Excel).

Результаты исследований. По результатам эпизоотологического мониторинга в птицеводческих хозяйствах (индивидуальных и промышленных) инвазированность капилляриями кур в среднем составила 31,3% в разрезе Витебской и Гомельской областей. Наиболее высокая экстенсивность инвазии была установлена в Гомельской области (45,2%) по сравнению с Витебской (23,8%). В условиях Витебской области в индивидуальных хозяйствах Витебского района ЭИ составила 29,8%, Сенненского – 20%. В пробах фекалий кур с ОАО «Птицефабрика Городок» яиц капиллярий обнаружено не было (рисунок 1).

Разница инвазированности птицы связана со многими факторами, а именно видовой состав и особенности цикла развития нематод, условия кормления, климатический фон, соблюдение ветеринарно-санитарных правил содержания, регулярность проведения профилактических мероприятий.

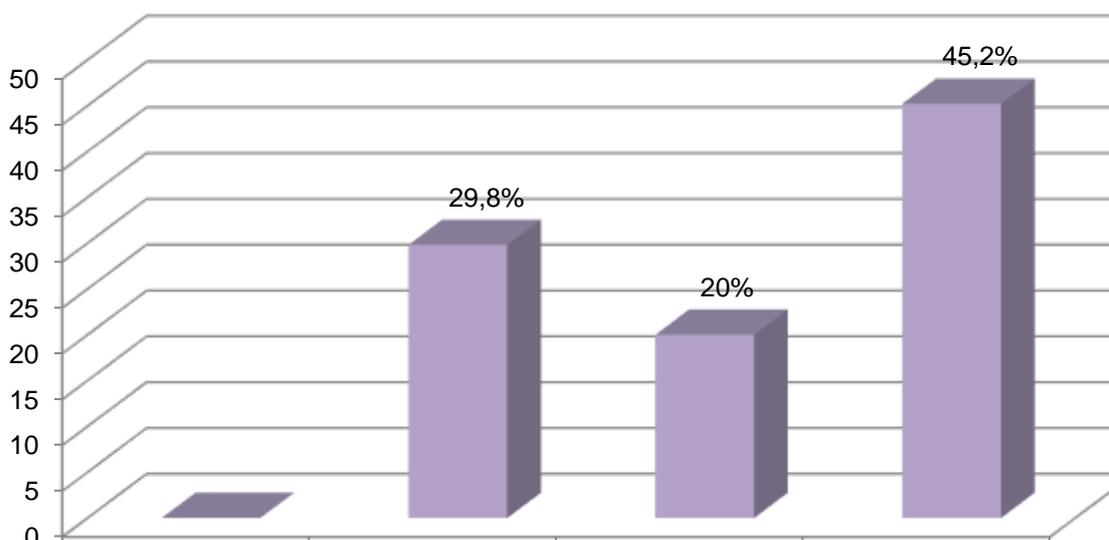


Рисунок 1 – Распространение капилляриоза кур в условиях Витебской и Гомельской областей

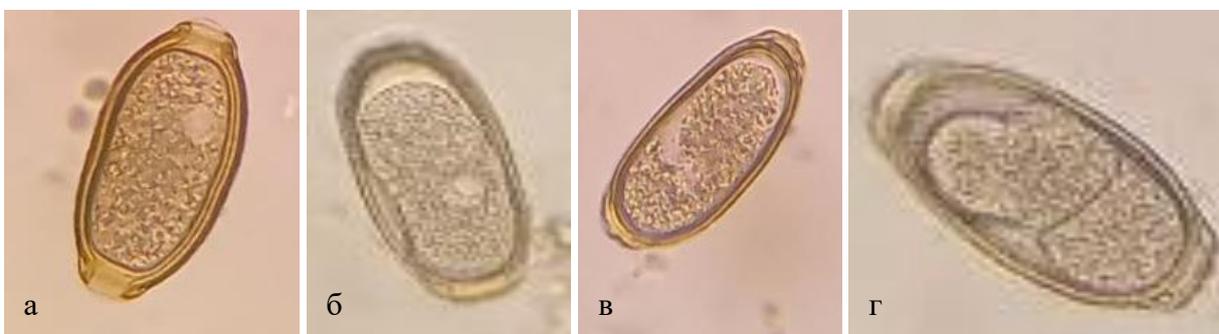
Согласно полученным нами данным (таблица 1), капилляриоз кур регистрируется во все сезоны года. При этом самая высокая экстенсивность инвазии наблюдалась в осенний период (13%), в зимний же составила 3,8%, что указывало на самую низкую ЭИ.

Колебания показателей экстенсивности инвазии связаны прежде всего с изменением условий окружающей среды, количеством осадков и инсоляции. В холодное время года степень зараженности птиц находится на низком уровне, что является следствием неблагоприятных условий внешней среды, замедлением цикла развития паразитов (половая депрессия), невозможности доступа промежуточных хозяев. Однако то небольшое количество яиц, выделяющееся в зимний и ранний весенний период, становится фактором высокого заражения птицы в период с мая по июнь, так как яйца капиллярий обладают высокой устойчивостью.

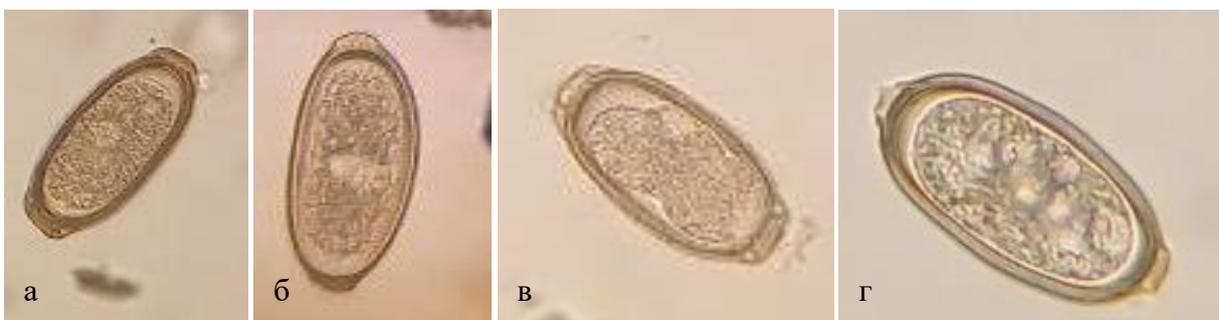
Таблица 1 – Сезонная динамика инвазированности кур капилляриями

Сезон года	Исследовано, кур	Из них инвазировано, кур	ЭИ, %
Осень	59	27	13
Зима	55	8	3,8
Весна	47	10	4,8
Лето	47	20	9,7
Всего	208	65	31,3

При изучении биологических особенностей установили, что яйца капиллярий в лабораторных условиях при постоянной температуре (25°C) достигали инвазионной стадии за 30-37 дней. При повышении температуры в термостате до 27-28°C этапы формирования инвазионной личинки в яйце проходили быстрее - за 20-26 дней и 14-18 дней соответственно (рисунки 2-4).



а – 5-й день; б – 9-й день; в – 16-й день; г – 23-й день
Рисунок 2 – Развитие яиц *Capillaria spp.* при 25°C



а – 5-й день; б – 9-й день; в – 16-й день; г – 22-й день
Рисунок 3 – Развитие яиц *Capillaria spp.* при 27°C



а – 5-й день; б – 9-й день; в – 16-й день
Рисунок 4 – Развитие яиц *Capillaria spp.* при 28°C

При исследовании показателей крови у кур, которые были инвазированы капилляриями, наблюдались эритропения ($2,64 \pm 0,02 - 2,73 \pm 0,07 \times 10^{12}/л$, $P > 0,999$), лейкоцитоз ($39,80 \pm 1,20 - 39,60 \pm 0,75 \times 10^9/л$, $P > 0,999$), снижение содержания гемоглобина ($69,60 \pm 0,51 - 71,40 \pm 1,96$ г/л, $P > 0,999$) по сравнению с показателями контрольной группы (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика гематологических показателей крови инвазированных кур

Группы \ Дни	1-й	5-й	10-й
Эритроциты, $\times 10^{12}/л$			
1-я	$2,73 \pm 0,07^{***}$	$2,71 \pm 0,06^{***}$	$2,64 \pm 0,02^{***}$
2-я	$3,61 \pm 0,03$	$3,63 \pm 0,06$	$3,62 \pm 0,05$
Лейкоциты, $\times 10^9/л$			
1-я	$39,80 \pm 1,20^{***}$	$39,40 \pm 0,75^{***}$	$39,60 \pm 0,75^{***}$
2-я	$31,40 \pm 0,60$	$32,20 \pm 0,73$	$31,80 \pm 0,37$
Гемоглобин, г/л			
1-я	$69,60 \pm 0,51^{***}$	$71,20 \pm 1,50^{***}$	$71,40 \pm 1,96^{***}$
2-я	$112,40 \pm 1,89$	$112,60 \pm 1,72$	$114,20 \pm 1,02$

Примечание. *** $P > 0,999$.

При анализе биохимических показателей (таблицы 3, 4), было выявлено, что у инвазированных кур наблюдалось повышение ферментативной активности сыворотки крови (АсАТ, АлАТ, ЩФ), содержания холестерина, мочевой кислоты, а также снижение таких показателей, как общий белок, его фракции и глюкоза.

Таблица 3 – Динамика биохимических показателей крови инвазированных кур

Группы \ Дни	1-й	5-й	10-й
Общий белок, г/л			
1-я	$31,39 \pm 1,51^{***}$	$31,66 \pm 1,26^{***}$	$31,14 \pm 1,08^{***}$
2-я	$50,13 \pm 0,55$	$49,16 \pm 0,59$	$50,56 \pm 0,47$
Альбумины, г/л			
1-я	$17,95 \pm 0,35^{***}$	$17,67 \pm 0,25^{***}$	$17,77 \pm 0,15^{***}$
2-я	$20,69 \pm 0,37$	$20,20 \pm 0,23$	$20,61 \pm 0,21$
Глобулины, г/л			
1-я	$13,44 \pm 1,33^{***}$	$13,99 \pm 1,08^{***}$	$13,36 \pm 0,99^{***}$
2-я	$29,45 \pm 0,49$	$28,96 \pm 0,79$	$29,95 \pm 0,57$
Мочевая кислота, мкмоль/л			
1-я	$264,58 \pm 29,37$	$270,48 \pm 37,04$	$268,87 \pm 20,98$
2-я	$228,37 \pm 6,14$	$232,54 \pm 12,21$	$226,45 \pm 4,45$
Глюкоза, ммоль/л			
1-я	$9,69 \pm 0,24^{***}$	$9,79 \pm 0,21^{***}$	$9,70 \pm 0,24^{***}$
2-я	$14,56 \pm 0,16$	$15,05 \pm 0,24$	$14,95 \pm 0,38$
Холестерин, ммоль /л			
1-я	$3,30 \pm 0,30^{**}$	$3,53 \pm 0,15^{***}$	$3,49 \pm 0,12^{***}$
2-я	$2,15 \pm 0,04$	$2,17 \pm 0,05$	$2,16 \pm 0,05$

Примечание. ** $P > 0,99$; *** $P > 0,999$.

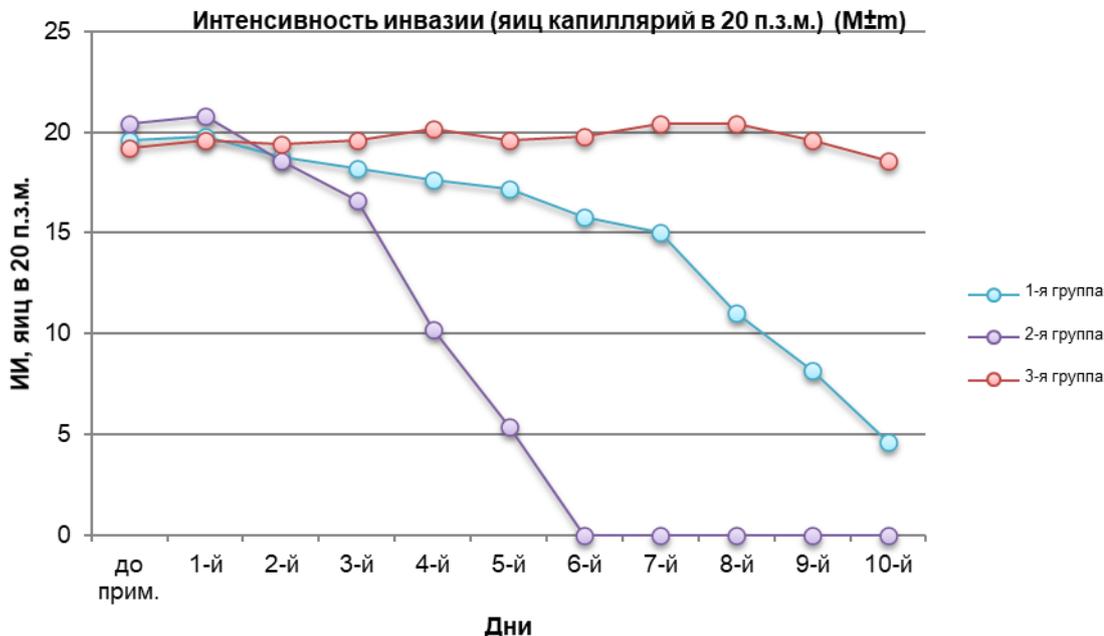
Таблица 4 – Активность ферментов сыворотки крови инвазированных кур

Группы \ Дни	1-й	5-й	10-й
Щелочная фосфатаза, U/L			
1-я	$382,91 \pm 4,99^{***}$	$387,04 \pm 1,23^*$	$379,80 \pm 1,66^{***}$
2-я	$335,35 \pm 6,14$	$323,21 \pm 21,97$	$327,21 \pm 19,77$
Аспартатаминотрансфераза, U/L			
1-я	$234,15 \pm 8,13$	$236,53 \pm 3,76$	$235,17 \pm 6,38$
2-я	$220,66 \pm 7,22$	$224,66 \pm 9,96$	$222,66 \pm 7,52$
Аланинаминотрансфераза, U/L			
1-я	$10,24 \pm 0,65$	$10,49 \pm 0,85$	$10,53 \pm 0,78$
2-я	$8,93 \pm 0,37$	$8,95 \pm 0,34$	$8,91 \pm 0,34$

Примечание. *** $P > 0,999$.

При изучении эффективности антигельминтных препаратов при капилляриозе кур установили, что в первой группе полного освобождения от гельминтов не произошло в течение 10 дней, однако интенсивность инвазии значительно снизилась. Во второй группе яиц капиллярий

не было найдено уже на 6-й день исследования (рисунок 5). В контрольной группе интенсивность инвазии существенно не изменилась. Таким образом, экстенсэффektivность отвара пижмы обыкновенной (в дозе 3 мл/кг, дважды в день, в течение пяти дней) составила 80%, препарата «Фенгран 20%» (37,5 мг/кг в утреннее кормление, однократно) – 100%.



Примечание: 1-я – куры, которым применялся отвар пижмы обыкновенной; 2-я – куры, которым применялся препарат «Фенгран 20%»; 3-я – контрольная

Рисунок 5 – Динамика интенсивности капилляриозной инвазии после дачи антигельминтных препаратов

Проведенные нами исследования крови при использовании антигельминтных препаратов не показали наличия негативного влияния их на организм кур. Количество эритроцитов в опытных группах с $2,62 \pm 0,06 - 2,64 \pm 0,08 \times 10^{12}/л$ повысилось до $3,51 \pm 0,03 - 3,68 \pm 0,02 \times 10^{12}/л$ к 10-му дню наблюдений ($P > 0,999$). Соответствующая динамика прослеживалась и в концентрации гемоглобина (с $70,4 \pm 0,87 - 70,6 \pm 0,68 \times 10^9/л$ до $91,8 \pm 1,71 - 112,2 \pm 2,06 \times 10^9/л$, $P > 0,999$). Следует отметить, что у больных кур при первичном исследовании наблюдалась эозинофилия ($8,20 \pm 0,58 - 9,40 \pm 0,51\%$), но данный показатель к 10-му дню после применения препаратов снизился до $4,80 \pm 0,37 - 5,20 \pm 0,37\%$.

У больных кур в начале исследований отмечалась гипопропротеинемия ($31,68 \pm 1,15 - 33,22 \pm 0,99$ г/л), но к 10-му дню содержание общего белка повысилось до $47,76 \pm 1,08 - 50,33 \pm 0,44$ г/л ($P > 0,999$). Пониженная концентрация глюкозы ($9,23 \pm 0,37 - 9,58 \pm 0,27$ ммоль/л) к последнему дню наблюдений стабилизировалась и составила $14,16 \pm 0,32 - 15,25 \pm 0,26$ ммоль/л ($P > 0,999$). Активность таких ферментов, как АлАТ, АсАТ и ЦФ при первичном исследовании была повышена, и к 10-му дню наблюдений после применения антигельминтных препаратов их активность снизилась.

Заключение. Капилляриоз кур имеет достаточно широкое распространение на территории Витебской и Гомельской областей (31,3%), при этом наиболее высокая ЭИ установлена в индивидуальных хозяйствах Гомельской области (45,2%) по сравнению с Витебской (23,8%). В зависимости от уровня влажности и температуры развитие яиц капиллярий до инвазионной стадии занимает от 2 недель до месяца. У инвазированных капилляриями кур при исследовании показателей крови отмечались эритропения, лейкоцитоз, снижение содержания общего белка, его фракций и глюкозы, повышение ферментативной активности сыворотки крови, уровня холестерина и мочевой кислоты. Экстенсэффektivность отвара пижмы обыкновенной при капилляриозе составила 80%, препарата «Фенгран 20%» - 100%. Поэтому данные лекарственные средства рекомендованы к использованию при капилляриозе кур. При их применении показатели крови улучшаются и стабилизируются полностью уже к 10-му дню исследований.

Conclusion. Capillariasis of chickens is widespread in Vitebsk and Gomel regions (31.3%), with the highest IE on individual farms in the Gomel region (45.2%) compared to Vitebsk region (23.8%). Depending on the level of humidity and temperature, the development of capillaria eggs to the invasive stage takes from 2 weeks to a month. Erythropenia, leukocytosis, the decrease in total protein, its fractions and glucose, increase in enzymatic activity of blood serum, cholesterol and uric acid levels

were observed in chickens infested with capillariae by the study of blood parameters. The extensefficacy of the decoction of *Tanacetum vulgare* in capillariasis was 80%, of the preparation Fengran 20% – 100%. Therefore, these drugs are recommended for use against capillariasis in chickens. With the use of drugs, the blood parameters improve and completely stabilize by the 10th day of the study.

Список литературы. 1. Адаптационные процессы и паразитозы животных : монография / А. И. Ятусевич, И. А. Ятусевич, Н. С. Мотузко [и др.]. – 2-е изд., перераб. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 572 с. 2. Клиническая диагностика болезней животных : практикум : учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности «Ветеринарная медицина» / А. П. Курдеко, С. С. Абрамов, Ю. К. Коваленок [и др.]; под редакцией : А. П. Курдеко, С. С. Абрамова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2011. – 400 с. 3. Методические рекомендации по выполнению паразитологических методов лабораторной диагностики гельминтозов, протозоозов и арахноэнтомозов : методические рекомендации / А. И. Ятусевич, И. Н. Дубина, В. А. Самсонович [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 44 с. 4. Никонов, А. А. Гельминтозы птиц : учебно-методическое пособие / А. А. Никонов, А. Н. Сибен. – Тюмень : ГАУ Северного Зауралья, 2022. – 66 с. 5. Нормативные требования к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови / С. В. Петровский, А. А. Белко, А. П. Курдеко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 68 с. 6. Рекомендации по применению пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.) при паразитозах животных : рекомендации / А. И. Ятусевич, М. В. Скуловец, В. А. Герасимчик [и др.]. – Самарканд : СамГУВМЖБ, 2022. – 20 с. 7. Руководство по ветеринарной паразитологии / А. И. Ятусевич, В. Ф. Галат, В. М. Мироненко [и др.]; под редакцией : В. Ф. Галата, А. И. Ятусевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 496 с. 8. Ятусевич, А. И. Трихоцефалитозы животных : монография / А. И. Ятусевич, Н. И. Олехнович, Е. О. Ковалевская. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 224 с.

References. 1. *Adaptacionnyye processy i parazitozy zhivotnyh : monografiya* / A. I. YAtusevich, I. A. YAtusevich, N. S. Motuzko [i dr.]. – 2-e izd., pererab. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 572 s. 2. *Klinicheskaya diagnostika boleznej zhivotnyh : praktikum : uchebnoe posobie dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij po special'nosti «Veterinarnaya medicina»* / A. P. Kurdeko, S. S. Abramov, YU. K. Kovalenok [i dr.]; pod redakciej : A. P. Kurdeko, S. S. Abramova. – Minsk : IVC Minfina, 2011. – 400 s. 3. *Metodicheskie rekomendacii po vypolneniyu parazitologicheskikh metodov laboratornoj diagnostiki gel'mintozov, protozoozov i arahnoentomozov : metodicheskie rekomendacii* / A. I. YAtusevich, I. N. Dubina, V. A. Samsonovich [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 44 s. 4. *Nikonov, A. A. Gel'mintozy ptic : uchebno-metodicheskoe posobie* / A. A. Nikonov, A. N. Siben. – Tyumen' : GAU Severnogo Zaural'ya, 2022. – 66 s. 5. *Normativnye trebovaniya k pokazatelyam obmena veshchestv u zhivotnyh pri provedenii biokhimicheskikh issledovanij krovi* / S. V. Petrovskij, A. A. Belko, A. P. Kurdeko [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2019. – 68 s. 6. *Rekomendacii po primeneniyu pizhmy obyknovennoj (Tanacetum vulgare L.) pri parazitozah zhivotnyh : rekomendacii* / A. I. YAtusevich, M. V. Skulovec, V. A. Gerasimchik [i dr.]. – Samarkand : SamGUVMZHB, 2022. – 20 s. 7. *Rukovodstvo po veterinarnoj parazitologii* / A. I. YAtusevich, V. F. Galat, V. M. Mironenko [i dr.]; pod redakciej : V. F. Galata, A. I. YAtusevicha. – Minsk : IVC Minfina, 2015. – 496 s. 8. *YAtusevich, A. I. Trihocefalyatozy zhivotnyh : monografiya* / A. I. YAtusevich, N. I. Olekhnovich, E. O. Kovalevskaya. – Vi-tebsk : VGAVM, 2020. – 224 s.

Поступила в редакцию 18.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-79-86
УДК 619:[591.151:577.213.7:591.3]:636.2

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ RS41923484 ГЕНА ГОРМОНА РОСТА GH НА ПРИЗНАКИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КРС

*Белая Е.В. ORCID ID 0000-0003-1786-0341, **Норкина В.М. ORCID ID 0009-0007-3352-3958,

**Климанова Е.А. ORCID ID 0000-0001-6194-9381

*БГПУ им. М. Танка, г. Минск, Республика Беларусь

**ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ», г. Новосибирск, Российская Федерация

*Ген гормона роста (GH) является перспективным кандидатом для маркер-ассоциированной селекции в животноводстве, но его полиморфные варианты показывают противоречивые эффекты у разных пород и популяций. Исследование rs41923484 SNP в GH, приводящего к замене Val на Leu в позиции 157 (Val157Leu), выявило различия в структуре и функции белка. Изоформа 157Leu более компактна, что может снизить доступность функциональных участков для взаимодействия с рецептором, влияя на эффективность сигнализации, необходимой для стимуляции лактации. Различия в фенотипических эффектах могут быть связаны не только с изоформами Val157Leu, но и с дифференциальной экспрессией продуктов альтернативного сплайсинга в разных тканях. **Ключевые слова:** гормон роста, GH, крупный рогатый скот, полиморфизм гена гормона роста, SNP.*

MOLECULAR BASIS OF THE PHENOTYPIC EFFECTS OF RS41923484 GROWTH HORMONE GENE GH ON THE TRAITS OF MILK PERFORMANCE IN CATTLE

*Belaya A.V., **Norkina V.M., **Klimanova E.A.

*Belarusian State Pedagogical University named after Maxim Tank, Minsk, Republic of Belarus

**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

*The growth hormone (GH) gene is a promising candidate for marker-assisted selection in livestock breeding, but its polymorphic variants exhibit inconsistent phenotypic effects across different breeds and populations. The investigation of the rs41923484 SNP in GH, which leads to the Val for Leu substitution at position 157 (Val157Leu), revealed structural and functional differences in the protein. The 157Leu isoform is more compact, potentially reducing accessibility of functional sites for receptor interactions, affecting the efficiency of signaling pathways necessary for lactation stimulation. Discrepancies in phenotypic effects might be attributed not only to Val157Leu isoforms but also to the differential expression of alternative splicing products in various tissues. **Key words:** growth hormone, GH, cattle, growth hormone gene polymorphism, SNP.*

Введение. Внедрение генетических методов для ранней оценки продуктивности сельскохозяйственных животных, включая крупный рогатый скот, является важным и эффективным направлением развития современного животноводства. Генетическая оценка потенциала продуктивности на ранних этапах онтогенеза — MAS-селекция — позволяет выявлять перспективных животных сразу после рождения и направлять их для дальнейшего разведения, ускоряя процесс селекции и повышая генетический потенциал поголовья. В качестве генетических маркеров продуктивности рассматриваются однонуклеотидные замены (SNP), локализованные как в пределах белок-кодирующих генов, так и в межгенном пространстве.

Однако, несмотря на определенные успехи в данном направлении, ограничением метода являются пробелы в понимании фактических механизмов проявления сложных количественных признаков, а именно влияния очень небольших эффектов на системы организма.

В последние несколько десятилетий поиск генов-кандидатов, полиморфизм которых играет критическую роль в изменчивости хозяйственно ценных признаков, выполняется разными путями. Один из них заключается в попытке выявить гены, полиморфизм продуктов которых может оказывать критическое влияние на проявление отдельных, элементарных признаков, из которых складываются более сложные, хозяйственно ценные характеристики.

Примером такого гена-кандидата является ген гормона роста (GH) – гормон, вырабатываемый передней долей гипофиза, который является передовым системным регулятором соматического роста животных, а также играет ключевую роль в углеводном и жировом обменных процессах. У представителей различных пород крупного рогатого скота было описано несколько полиморфных вариантов гена соматотропина [7, 14]. Различными авторами показано, что ряд мутаций в экзонах и интронах этого гена, а также их гаплотипы (сочетания) ассоциированы с изменчивостью характеристик мясной и молочной продуктивности у крупного рогатого скота разных пород. При этом, фенотипические эффекты одного и того же полиморфного варианта

bGH, по данным различных авторов, могут носить противоречивый фенотипический эффект у различных пород, а также у животных разных популяций одной породы [1, 4], что приводит к определенному скептицизму относительно практической применимости получаемых результатов в реальных селекционных мероприятиях. И такие сомнения касаются не только гена гормона роста, но и других генов-кандидатов с неоспоримой ролью в регуляции признаков продуктивности не только крупного рогатого скота, но и других сельскохозяйственных животных.

В наших более ранних работах получены данные, свидетельствующие о том, что коровы голштинской породы с генотипом *bGH^{LL}* по rs41923484 характеризуются повышенным удоем и белковомолочностью по сравнению с группой с генотипом *bGH^V* [2]. В работах Grochowska and Zwierzchowski, у голштинского крупного рогатого скота польской селекции показана связь с высокой молочной продуктивностью аллеля *bGH^L* [6, 15]. В то же время в исследованиях R.S. Pawar и Y. Mehmannaavaz показано, что общий удой у голштинских коров с генотипом *bGH-AluI^{LL}* был значительно ниже, чем у коров с генотипом *bGH-AluI^{LV}* и *bGH-AluI^{VV}* [9, 11]. Нами также были изучены показатели молочной продуктивности у коров черно-пестрой породы. Установлено, что самые высокие показатели по общему удою, жирномолочности и белковомолочности наблюдались у животных с генотипом *bGH^{NV}* [2].

Таким образом, наблюдается противоречивость данных о фенотипических эффектах полиморфизма rs41923484/*bGH* на признаки молочной продуктивности не только у представителей разных пород, но также стоит отметить, что данные R. Grochowska и L. Zwierzchowski вступают в противоречие с данными R.S. Pawar и Y. Mehmannaavaz, полученными при изучении одной и той же голштинской породы.

Тем не менее, будучи контролером процессов роста и лактации, ген гормона роста и его полиморфные варианты представляют значительный интерес для маркер-сопутствующей селекции, и выяснение биохимических особенностей белкового продукта rs41923484 полиморфного варианта гена *bGH* может приблизить нас к пониманию механизмов формирования его фенотипических эффектов.

Целью данной работы было изучение возможных механизмов формирования фенотипического эффекта полиморфных форм гормона роста, обусловленных однонуклеотидной заменой rs41923484 на признаки молочной продуктивности у крупного рогатого скота.

Материалы и методы исследований.

Объект исследования – фенотипические эффекты полиморфного варианта гена соматотропина (*bGH*) rs41923484 на признаки продуктивности у крупного рогатого скота.

Предмет исследования – особенности пространственной структуры и прогнозируемые биохимические свойства изоформ белка *bGH Val157Leu* (ENSBTAP0000061093), соответствующих транскрипту ENSBTAT0000082606.2.

Материал исследования – послужили данные о rs41923484 и первичной нуклеотидной последовательности гена *bGH* (Первичная сборка 19:48118256, прямая нить).

Исследование биологических механизмов развития фенотипических эффектов полиморфизма rs41923484/*bGH* и молекулярных функций его белкового продукта осуществлено с применением баз данных Prabi, ExPASy@ProtPran, NCBI@BLAST, MMM Server и VADAR, предоставляющих инструменты и базы данных для анализа последовательности белков, структурной биологии и функциональной аннотации. **Визуализация структуры белка** выполнена с помощью программы PyMol — системы визуализации молекул, которая позволяет создавать высококачественные трехмерные изображения как малых молекул, так и биологических макромолекул, в первую очередь белков.

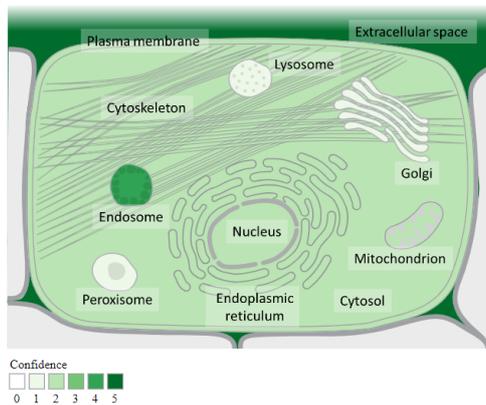
Результаты исследований. Ген гормона роста крупного рогатого скота (*bGH* или *bST*) картирован на 19-й хромосоме и является участником мультигенного семейства, которое включает также пролактин, и плацентарные лактогены. Его протяженность составляет примерно 1800 пар оснований и включает пять экзонов (I-V), которые кодируют матричную РНК размером 786 пар оснований, и четыре интрона (A-D). Благодаря альтернативному сплайсингу это ген имеет 4 транскрипта (ENSBTAP0000022885 .7: p.Val180Leu, ENSBTAP0000061093 .1: p.Val157Leu, ENSBTAP0000091953 .1: p.Val59Leu, ENSBTAP0000077987 .1: p.Val113Leu), которым соответствуют 8 образцов генотипов. SNP rs41923484 присутствует во всех 4-х транскриптах.

На удаленном расстоянии от гена расположена энхансерная последовательность, которая обеспечивает тканеспецифичную экспрессию, наиболее интенсивную в адено- и нейрогипофизе, среднем мозге, восходящей ободочной кишке, височной доле коры и других тканях организма.

В нашем исследовании полиморфизма rs41923484, обусловленного нуклеотидной заменой G → C рассмотрен транскрипт ENSBTAP0000061093 .1 соответствующий аминокислотной замене Val → Leu в 157-м положении белка, так как изучение остальных транскриптов, получаемых в результате альтернативного сплайсинга, в данный момент ограничено недостаточностью данных в существующих электронных ресурсах.

Белок соматотропина представляет собой однонитевый полипептид размером примерно 22 кДА, включающий от 190 до 199 аминокислотных остатка [12]. Конформация белка представляет собой двухпетлевую структуру, поддерживаемую за счет двойных внутринитевых дисульфидных мостиков. Сайт связывания Zn^{2+} находится на 203 позиции и является единственным лигандом в аминокислотной последовательности.

Общепринята точка зрения, что гормоны не проникают внутрь клеток мишеней и взаимодействуют с белковыми рецепторами, расположенными на их поверхности, в плазматической мембране [10]. Однако, современные исследования показали наличие гормона роста не только во внеклеточном пространстве, но и в эндосомах [3], что позволяет расширить понимание механизмов реализации биологических функций гормона роста. Приведенный ниже рисунок 1 отражает уровень содержания гормона роста во внутри- и межклеточном пространстве (рисунок 1).



Компартмент	Достоверность
внеклеточный	5
эндосома	4
цитозоль	2
эндоплазматический ретикулум	2
ядро	2
митохондрия	2
цитоскелет	2
плазматическая мембрана	2
аппарат Гольджи	1
лизосома	1
пероксисома	1

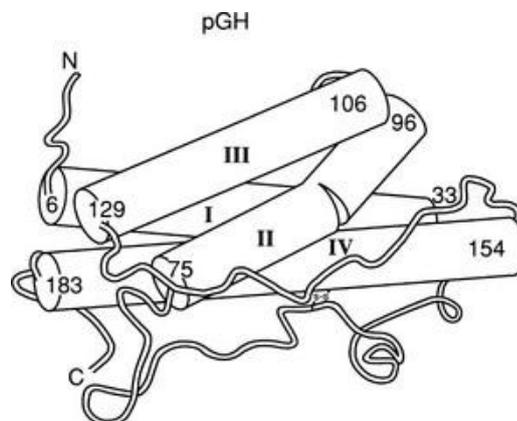
Шкала достоверности имеет цветовую кодировку: от светло-зеленого (1) для низкой достоверности до темно-зеленого (5) для высокой достоверности.

Белый цвет (0) указывает на отсутствие признаков локализации

Рисунок 1 – Внутриклеточная локализация GH (GeneCards)

Как видно из рисунка 1, белок GH в небольшом количестве равномерно распределен по всей клетке и областью повышенной концентрации внутриклеточного гормона роста являются экзосомы.

Пространственная структура белка представляет собой последовательность чередующихся петель и спиралей. Молекула содержит четыре большие α -спирали, две мини-спирали и 2 петли. В 1992 году были определены их предположительные границы: α -спираль I — остатки с 9 по 34, α -спираль II — остатки с 72 по 92, α -спираль III — остатки с 106 по 128 и α -спираль IV — остатки с 155 по 184. Две мини-спирали локализованы в большой петле между α -спиралями I и II в пределах остатков 38-47 и 64-79. Большая петля локализована между остатками 33 и 75, малая петля — между остатками 129 и 154 (рисунок 2).



Изображены четыре α -спирали (цилиндрические стержни). Неспиральная область показана в виде тонкой трубки. Также показана одна из двух дисульфидных связей; другая скрыта за спиралью IV. Амино (A) и карбоксильный (C) концы расположены в верхнем левом и нижнем левом углах соответственно. [Модифицировано Абдель-Мегилом С.С. и др.: Трехмерная структура

генно-инженерного варианта гормона роста свиней, Proc Natl Academy Sci USA 84[18]:6434-6437, 1987]

Рисунок 2 – Кристаллическое изображение GH

Такие пространственные структуры, как α -спирали, являются распространенным элементом вторичной структуры белка, в которой водородные связи замыкаются между каждой первой и четвертой аминокислотой. В образовании водородных связей принимают участие все пептидные группы, что обеспечивает максимальную стабильность, снижает гидрофильность, увеличивает гидрофобность и делает α -спираль наиболее устойчивой конформацией, отвечающей минимуму свободной энергии. Это позволяет сохранять нативную структуру белка, осуществлять простейшие функции, защищать от разрушения.

Характеристикой третьей α -спирали является амфифильность: гидрофобные остатки пространственно отделены от гидрофильных. Особенностью третьей α -спирали бычьего bGH является то, что гидрофильный остаток Glu 117 находится в гидрофобной половине α -спирали, в то время как гидрофобные остатки Gly 119 и Ala 122 расположены в гидрофильной части α -спирали. Было предложено, что амфифильные вторичные структуры являются важными функциональными доменами для многих пептидных гормонов, а также для активаторов транскрипции.

Петли представляют собой уникальные неправильные структуры, которые ограничивают конформационное пространство, которое могут образовывать белковые цепи, но в то же время оставляют достаточную гибкость, позволяющую множеству других белков связываться и модифицировать внутренне неупорядоченные белковые цепи.

Визуализация структуры белка, выполненная с помощью программы PyMol, демонстрирует отличия в пространственной организации большой и малой петли, локализованной рядом с аминокислотной заменой 157/Val (рисунок 3).

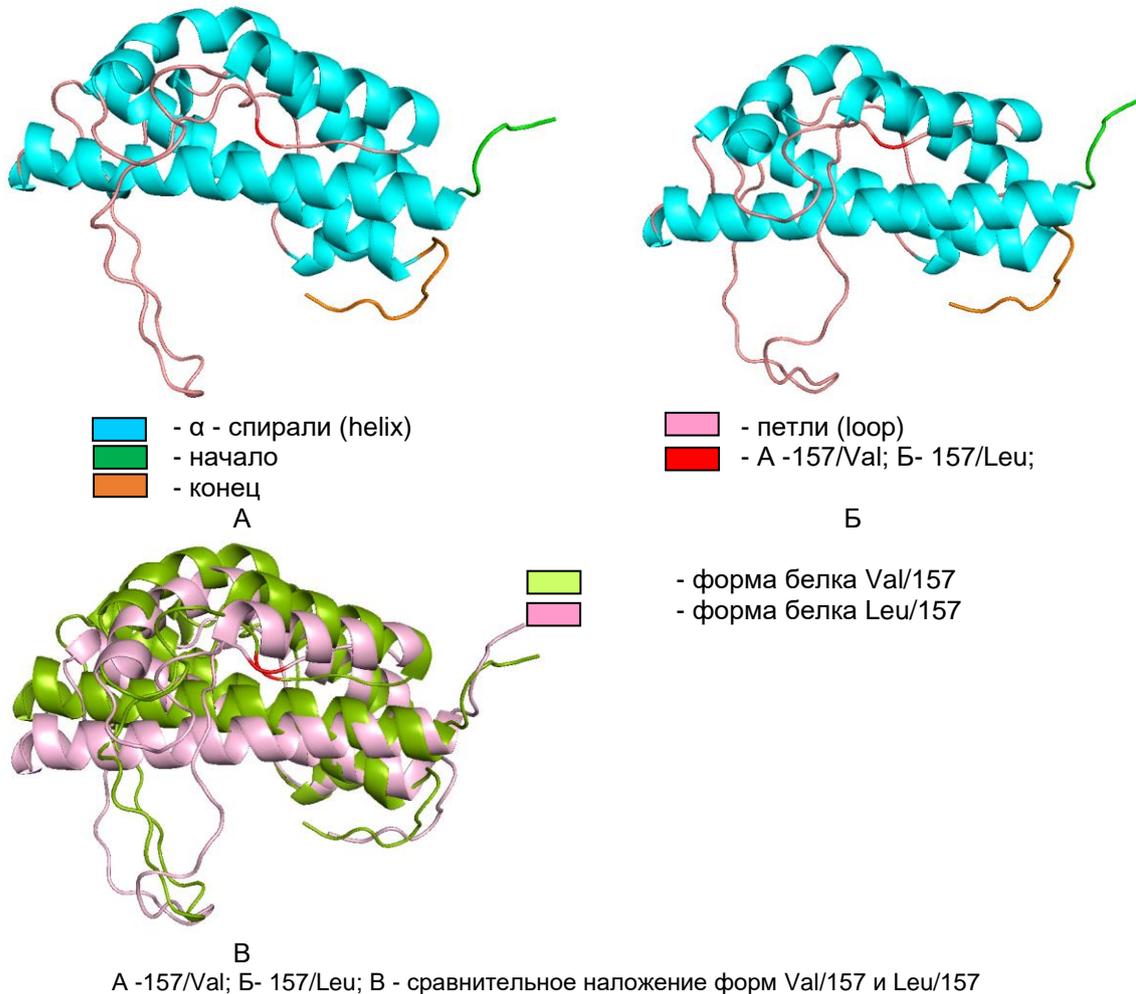


Рисунок 3 – Пространственная структура форм белка гормона роста

Аминокислоты валин (Val) и лейцин (Leu) являются неполярными алифатическими аминокислотами, боковые цепи которых насыщены углеводородными группами и различаются формой и размером, что, вероятно, может приводить к изменению биохимических свойств белка. Физико-химические и пространственные характеристики, по которым наблюдаются значительные различия, а также некоторые критические параметры, по которым отмечается сходство 157 Val/Leu полиморфных форм белка bGH приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Физико-химические и пространственные различия 157 Val/Leu полиморфных форм белка bGH

Показатели		G 157 Val	C 157 Leu
Физико-химические характеристики (Prabi и ExPASy@ProtPram)			
1	Алифатический индекс	89,64	90,09
2	Общее среднее значение гидропатичности	-0,111	-0,0113
3	Общее количество отрицательно заряженных остатков (Asp + Glu)	23	23
4	Общее количество положительно заряженных остатков (Arg + Lys)	26	26
5	Индекс нестабильности:	29,68	29,68
Пространственные характеристики (VADAR)			
1	Оборот (% найденных витков)	0(0%)	4(8%)
2	Повторяется с помощью <i>Gauche + Chi</i>	13(30%)	22(51%)
3	Соотношение с Транс-Ци	24(55%)	10(25%)
4	Общая ASA свернутого белка	6020,4	5276,5
5	ASA атомов основы (N, C и O)	636,2	482,6
6	ASA атомов боковой цепи	5384,2	4739,9
7	ASA от атомов C	3697,5	3354,5
8	ASA от атомов N	392,9	235,5
9	ASA от атомов N+	382,6	272,6
10	ASA от атомов O	1016,6	934,3
11	ASA от атомов O-	456,7	400,6
12	ASA от атомов S	74,2	79,1
13	Открытый неполярный ASA	3651,8	3325,2
14	Открытый полярный ASA	1030,6	905,1
15	Открытый заряженный ASA	1337,9	1046,2
16	Неполярный ASA с боковой экспозицией	3673,3	3326,1
17	Заряженный ASA на открытой стороне	1243,4	992,7
18	Средний остаток ASA	120,4 sd=46,0	105,5 sd=42,0
19	Общий объем (сумма объемов всех остатков в белке), Angs **3	6042,0	6227,8

Из данных таблицы 1 можно отметить, что у обеих форм белка сохраняется неизменным общее количество отрицательно заряженных остатков Asp + Glu (23) и положительно заряженных остатков Arg + Lys (26), что говорит об их одинаковой растворимости и способности к взаимодействию с отрицательно заряженными группами в других биомолекулах.

Одинаковый у обеих форм индекс нестабильности свидетельствует об одинаковом периоде полураспада, стабильности и скорости деградации.

Также 157/Leu форма белка bGH характеризуется более высоким алифатическим индексом 90,09 по сравнению с формой 157/Val (алифатический индекс 89,64), что может явиться причиной увеличения гидрофобности белка и повышения его склонности к взаимодействию с гидрофобными средами или другими гидрофобными участками белков. Белок 157/Val с более низким алифатическим индексом обладает большей гидрофильностью, что способствует его взаимодействию с водными растворами.

Замена аминокислоты Val на Leu в положении 157 приводит также к снижению гидропатичности белка с -0,111 (157/Val) до -0,0113 (157/Leu) соответственно. Отрицательные значения средних показателей гидропатичности показывают, что белок является гидрофильным, следовательно, он хорошо взаимодействует с апопластной средой клетки. Наблюдаемое смещение указывает на снижение этих функций у формы белка 157/Leu. Оценка пространственных отличий показала увеличение % витков, что может приводить к уплотнению третичной структуры белка и снижению пространственной доступности функциональных участков белка для межмолекулярных взаимодействий, что и подтверждается рассчитанными показателями доступной поверхности белка (ASA - Accessible surface area). Большая доступная площадь поверхности должна обеспечивать большее адсорбирование ферментов и приводить к более высокому выходу продукта. По данным таблицы 1 мы наблюдаем снижение всех расчетных характеристик ASA у изоформы 157/Leu белка bGH.

Таким образом, физико-химической основой различия фенотипических эффектов двух изоформ белка bGH является уплотнение третичной структуры у изоформы 157/Leu по отношению к изоформе 157/Val, приводящее к снижению пространственной доступности функциональных участков белка, в частности области большой петли, для межмолекулярных взаимодействий.

Ответ на вопрос о причинах избирательного влияния двух изоформ на такие физиологические процессы, как темпы роста и лактация, лежит также в плоскости анализа генных сетей и механизмов молекулярных взаимодействий.

Структура белок-белковых взаимодействий bGH отражена на рисунке 4.

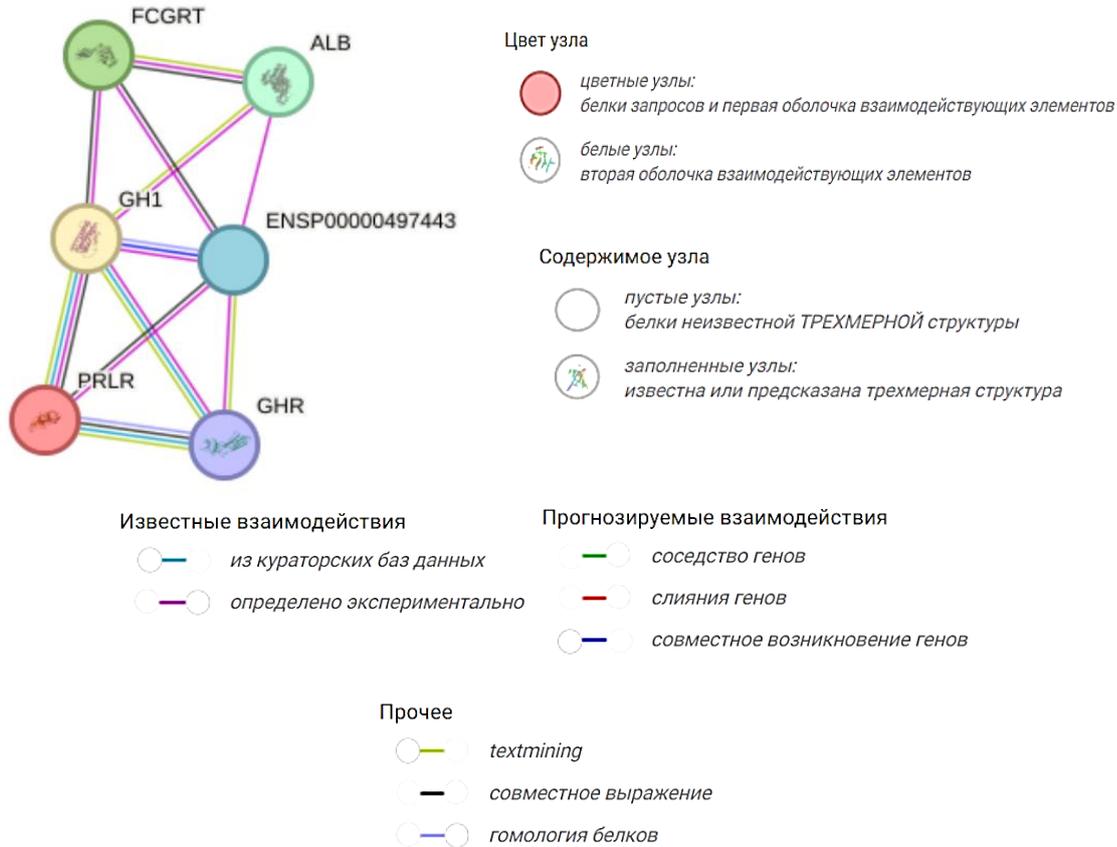


Рисунок 4 — Белок-белковые взаимодействия bGH

Схема, приведенная на рисунке 4, демонстрирует прямые и опосредованные связи bGH с белками GHR (рецептор гормона роста гипофиза), PRLR (рецептор пролактина), ALB (сывороточный альбумин), FCGRT (большая субъединица IgG рецептора FcRn p51), ENSP00000497443 (неохарактеризованный белок). Приведенная схема взаимодействия обозначает, что каждый из элементов сети совместно вносит вклад в общую функцию, хотя это не означает, что они физически связываются друг с другом.

Связывание GH вызывает димеризацию рецептора GHR, которая индуцирует передачу внутриклеточного сигнала и активирует янус-киназу (JAK) - преобразователь сигналов и активатор сигнального пути транскрипции (STAT). Активация JAK2 требуется, в свою очередь, для опосредованной гормоном роста активации STAT1, STAT3 и STAT5, и негативная регуляция передачи сигналов JAK-STAT включает важный этап в контроле этого сигнального пути. Важность STAT5A в молочной железе отражена в его первоначальном назначении как транскрипционного фактора, который стимулирует выработку пролактина PRL и индуцированную пролактином экспрессию генов молочных белков и ALB (сывороточного альбумина в том числе), специфичных для молочной железы. Активация STAT5A индуцирует развитие альвеол и транскрипцию генов молочного белка [5].

Исходя из этого, можно предположить, что некоторое искривление большой петли, наблюдаемое у изоформы 157Leu белка гормона роста, ослабляет белок-белковое взаимодействие внутри димера GH–GHR и, вероятно, снижает его биологическую активность и нарушает активацию STAT5, который непосредственно связан с развитием и функционированием молочной железы. В следствие чего у коров с генотипом GHLL меньше показатели удоя, нежели у коров с оригинальным генотип GHVV.

Заключение. Основным результатом проведенного анализа является обоснование необходимости четкого понимания, какая именно белковая изоформа гена-кандидата анализируется в исследовании, направленном на получение информации об ассоциации генетического маркера с признаками продуктивности у сельскохозяйственных животных в целом и крупного рогатого скота в частности.

Проведенное исследование показало, что одной из причин несогласований наблюдаемых фенотипических эффектов одного и того же полиморфизма у животных разных пород и разных популяций одной породы может быть не только наличие или отсутствие исследуемого SNP, но

и различие изоформ белка, содержащих исследуемый полиморфизм и их дифференцированная экспрессия в разных тканях одного и того же животного.

Так, влияние полиморфного варианта rs41923484 на продуктивность крупного рогатого скота, вероятно, обусловлено различиями в пространственной структуре и физико-химических свойствах белка bGH. Аминокислотная замена Val→Leu в положении 157 приводит к уплотнению третичной структуры белка, что может ослаблять белок-белковое взаимодействие GH-GHR и снижать биологическую активность гормона роста, в частности, активацию STAT5, непосредственно связанного с развитием и функционированием молочной железы.

На наш взгляд, при исследованиях фенотипических эффектов полиморфных вариантов генов-кандидатов на признаки продуктивности сельскохозяйственных животных целесообразно учитывать, какая из изоформ белка экспрессируется в тканях, взятых для анализа, что будет способствовать уточнению и структурированию получаемых данных и повышению их результативности в практике селекционных программ.

Conclusion. The main result of the conducted analysis is the justification of the need for a clear understanding of which protein isoform of the candidate gene is analyzed in the study aimed at obtaining information on the association of a genetic marker with productivity traits in farm animals in general and cattle in particular.

The conducted study showed that one of the reasons for the discrepancies in the observed phenotypic effects of the same polymorphism in animals of different breeds and different populations of the same breed may be not only the presence or absence of the studied SNP, but also the difference in protein isoforms containing the studied polymorphism and their differentiated expression in different tissues of the same animal.

Thus, the effect of the polymorphic variant rs41923484 on the productivity of cattle is probably due to differences in the spatial structure and physicochemical properties of the bGH protein. The Val→Leu amino acid substitution at position 157 leads to a compaction of the tertiary structure of the protein, which can weaken the protein-protein interaction of GH-GHR and reduce the biological activity of the growth hormone, in particular, the activation of STAT5, which is directly associated with the development and functioning of the mammary gland. In our opinion, when studying the phenotypic effects of polymorphic variants of candidate genes for productivity traits in farm animals, it is advisable to take into account which of the protein isoforms is expressed in the tissues taken for analysis, this will help to clarify and structure the data obtained and increase their effectiveness in the practice of breeding programs.

Список литературы. 1. Полиморфизмы генов bGH, RORC и DGAT1 у российских мясных пород крупного рогатого скота / И. Ф. Горлов, А. А. Федунин, Д. А. Ранделин, Г. Е. Сулимова // *Генетика*. – 2014. – № 50(12). – С. 1448–54. [.] *Polymorphisms of bGH, RORC, and DGAT1 genes in Russian beef cattle breeds. Genetika / I. F. Gorlov, A. A. Fedunin, D. A. Randelin, G. E. Sulimova*. – 2014. – № 50(12). – P. 1448–54. 2. Михайлова, М. Е. Влияние полиморфных вариантов генов соматотропинового каскада bGH, bGHR и bIGF-1 на признаки молочной продуктивности у крупного рогатого скота голштинской породы / М. Е. Михайлова, Е. В. Белая // *Доклады Национальной академии наук Беларуси*. – 2011. – Т. 55, № 2. – С. 63–69. [.] *Mikhailova, M. E. Effect of polymorphic variants of genes of the somatotropin cascade bGH, bGHR, and bIGF-1 on milk production traits in Holstein cattle / M. E. Mikhailova, E. V. Belaya // Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi*. – 2011. – Vol. 55, № 2. – P. 63–69. 3. Binder, J. X. COMPARTMENTS: unification and visualization of protein subcellular localization evidence / J. X. Binder, S. Pletscher-Frankild, K. Tsafou Database // *Oxford*. – 2014. – Feb 25;2014. – bau012. – doi: 10.1093/database/bau012. 4. Chrenek, P. Relationships of growth hormone genotypes with meat production traits of Slovak Pied bulls / P. Chrenek, J. Kmeř, I. Sakowski // *Czech J. Anim. Sci.* – № 43. – P. 541–544 5. *The Growth Hormone Receptor: Mechanism of Receptor Activation, Cell Signaling, and Physiological Aspects / F. Dekhoda, Lee CMM, J. Medina, AJ. Brooks // Endocrinol (Lausanne)*. 2018. – Feb 13;9:35. – doi: 10.3389/fendo.2018.00035. 6. Association between gene polymorphism of growth hormone and carcass traits in dairy bulls / R. Grochowska, A. Lundén, L. Zwierzchowski [et al.] // *Animal Science*. – 2001. – 72(03). – P. 441–447. – doi:10.1017/s135772980005195x 7. Hecht, C. Variants within the 5'-flanking region and the intron 1 of the bovine growth hormone gene / C. Hecht, H. Geldermann // *Anim Genet*. – 1996. – Oct;27(5). – P. 329–32. – PMID: 8930073. 8. Variants of somatotropin in cattle: gene frequencies in major dairy breeds and associated milk production / M. C. Lucy, S. D. Hauser, P. J. Eppard [et al.] // *Domest Anim Endocrinol*. – 1993. – Oct;10(4). – P. 325–33. – doi: 10.1016/0739-7240(93)90036-b. 9. Mehmannaevaz, Yousef & Amirinia. Association of IGF-1 gene polymorphism with milk production traits and paternal genetic trends in Iranian Holstein bulls / Yousef & Amirinia Mehmannaevaz, Cyrus & Bonyadi, Morteza & Torshizi // *Afr J Microbiol Res*. – 2010. – 4. 10. Differential binding of rat pituitary-specific nuclear factors to the 5'-flanking region of pituitary and placental members of the human growth hormone gene family / B. E. Nickel, M. W. Nachtigal, M. E. Bock, P. A. Cattini // *Mol Cell Biochem*. – 1991. – Aug 14;106(2). – P. 181–7. – doi: 10.1007/BF00230184. 11. Growth hormone gene polymorphism and its association with lactation yield in dairy cattle / R. S. & Tajane Pawar, K. R. & Joshi, Chaitanya & Rank, D. N. & B.P. Brahmkshtri // *Indian Journal of Animal Sciences*. – 2007. – 77. 12. Scanes, C. G. Growth hormone action: carbohydrate metabolism, lipid metabolism, protein metabolism / C. G. Scanes // *Growth hormone / eds.: S. Harvey, C. G. Scanes, W. H. Daughaday*. – Boca Raton : CRC Press, 1995. – P. 371–391 13. Schaufele, F. CCAAT/Enhancer-binding Protein α Activation of the Rat Growth Hormone Promoter in Pituitary Progenitor GHFT1-5 Cells / F. Schaufele // *Journal of Biological Chemistry*. – 1996. – 271(35).

– P. 21484–21489. – doi:10.1074/jbc.271.35.21484 14. *Rapid communication: a novel DNA polymorphism of the bovine calpain gene detected by PCR-RFLP analysis* / H. M. Zhang, S. K. DeNise, R. L. Ax [et al.] // *J Anim Sci.* – 1996. – Jun;74(6). – P.1441. – DOI: 10.2527/1996.7461441x. 15. *Effects of polymorphism of growth hormone (GH), Pit-1, and leptin (LEP) genes, cow's age, lactation stage and somatic cell count on milk yield and composition of Polish Black-and-White cows* / Zwierchowski, Lech & Krzyzewski, J. & Strzalkowska [et al.] // *Animal Science Papers and Reports.* – 2002. – 20. – P. 213–227.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-86-96

УДК 636.2.082.2:636.034(476)

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ *DGAT1*, *GH*, *PRL* И *BLG* С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ БЕЛОРУССКОЙ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ

Михалюк А.Н. ORCID ID 0000-0001-6110-264X, Танана Л.А. ORCID ID 0000-0002-0631-6116
УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

*При оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* на показатели молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы установлено, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке в большинстве случаев наиболее высокие показатели имели животные с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}*. Установлено, что у животных всех комплексов генотипов генов по трем лактациям были выявлены средняя и высокая положительные корреляционные связи между удоем и количеством молочного жира в молоке, удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке. Что касается взаимосвязи между другими показателями молочной продуктивности, в частности, между удоем и жирномолочностью, удоем и белковомолочностью, а также между жирномолочностью и белковомолочностью, то корреляционные связи изменялись в зависимости от комплекса генотипов и номера лактации и варьировали от высоких положительных до высоких отрицательных значений ($r=0,80 \dots -0,83$). **Ключевые слова:** крупный рогатый скот, комплексные генотипы генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*), молочная продуктивность.*

RELATIONSHIP OF COMPLEX GENOTYPES FOR *DGAT1*, *GH*, *PRL* AND *BLG* GENES WITH INDICATORS OF MILK PERFORMANCE IN BELARUSIAN BLACK-AND-WHITE COWS

Mikhaljuk A.N., Tanana L.A.

Grodno State Agricultural University Grodno, Republic of Belarus

*When assessing the associated effect of the genotype complex for the *DGAT1*, *GH*, *PRL* and *BLG* genes in terms of milk performance indicators in cows of the Belarusian black-and-white breed, it was found that by weight and the amount of milk fat in milk, in most cases, the highest indicators were obtained with the complex of genotypes for the *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* genes. It was found that in animals of all gene genotype complexes over three lactations, medium and high positive correlations were identified between milk yield and the amount of milk fat in milk, milk yield and the amount of milk protein in milk, as well as between the amount of milk fat and the amount of milk protein in milk. As for the relationship between other indicators of milk productivity, in particular, between milk yield and fat percentage, milk yield and protein percentage, as well as between fat percentage and protein percentage, the correlations varied depending on the complex of genotypes and lactation number, and ranged from high positive to high negative values ($r=0.80 \dots -0.83$). **Keywords:** cattle, complex genotypes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 (*DGAT1*), somatotropin (*GH*), prolactin (*PRL*) and beta-lactoglobulin (*BLG*) genes, milk performance.*

Введение. За последние годы накопился значительный массив данных об эффективности использования молекулярно-генетических маркеров для решения многих задач генетики, сохранения биологического разнообразия, картирования хромосом, а также для совершенствования скота по хозяйственно-полезным признакам (жирномолочности, белковомолочности и др.) [1]. Проблема получения эффективных маркеров по хозяйственно полезным признакам обусловлена полигенностью количественных признаков и их низким уровнем наследуемости. Это означает, что их количественный уровень генетически определяется различными аллельными вариантами целого ряда локусов, разбросанных по всему геному [2, 3, 4]. Вместе с тем для совершенствования наиболее важных хозяйственно полезных признаков рекомендуется маркировать один и тот же признак по нескольким генам. Комплексное маркирование позволяет более эффективно проводить селекционную работу, что способствует повышению уровня молочной продуктивности крупного рогатого скота [5, 6]. Однако комплексное влияние генов на хозяйственно полезные признаки крупного рогатого скота еще не достаточно изучено.

В этой связи **целью** данной работы явилось изучение взаимосвязи комплексных генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* с показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе молочно-товарной фермы «Новый двор» УСП «Новый Двор-Агро» Свислочского района Гродненской области (Республика Беларусь). Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от коров белорусской черно-пестрой породы в количестве 105 проб. Для оценки аллелофонда животных использовали данные продуктивности исследуемых животных по трем лактациям. Племенные карточки животных были предоставлены компьютерной группой по обработке и анализу данных племенного учета РУСП «Гродненское племпредприятие».

ДНК-генотипирование животных по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*) проводили с использованием метода полимеразной цепной реакции (ПЦР) и полиморфизма длин рестриционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж.Сэмбруку [7], а для амплификации и рестрикции использовали растворы производства ОДО «Праймтех», Беларусь.

В таблице 1 приведен состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), соматотропина (*GH*), пролактина (*PRL*) и бета-лактоглобулина (*BLG*).

Таблица 1 – Состав реакционной смеси для проведения амплификации исследуемых локусов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Компоненты	Количество реагентов на 1 пробу
1 x Таq-буфер	1 x
50 mM MgCl ₂	2-5 mM
Смесь дНТФ	2-4 mM
Праймер 1	10-25 nM
Праймер 2	10-25 nM
Таq-полимераза 2500 ед, Евроген, PK113L	0,5-1,5 е.а.
ДНК	200-250 нг/мкл
H ₂ O	доводим до 25 мкл

Для амплификации участка гена *DGAT1* использовали праймеры [13]:

DGAT1 1: 5' CAC CAT CCT CTT CCT CAA GC 3'

DGAT1 2: 5' ATG CGG GAG TAG TCC ATG TC 3'

Условия проведения ПЦР *DGAT1*: 94°C, 5 мин.; 30 циклов – 94°C, 30 с.; 59°C, 40 с.; 72°C, 40 с.; достройка или финальная элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W, 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *DGAT1* составила 411 п.н. Для рестрикции амплифицированного локуса гена *DGAT1* применяли эндонуклеазу Aco I. Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W, 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе геледокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации гена *DGAT1* идентифицировался генотип: *DGAT1*^{KK} – фрагмент 411 п.н. (рисунок 1).

Для амплификации участка гена *GH* использовали праймеры [12]:

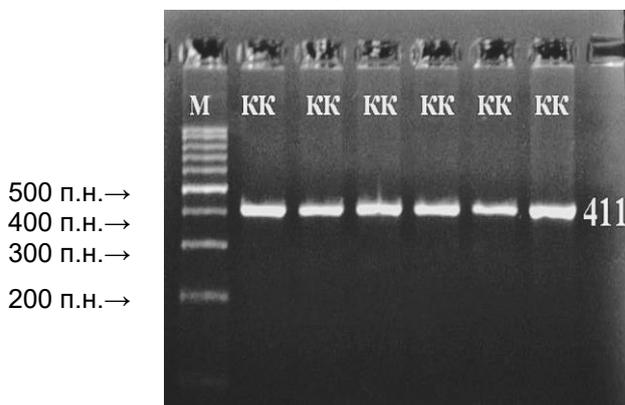


Рисунок 1 – Электрофореграмма рестриционного анализа гена *DGAT1*

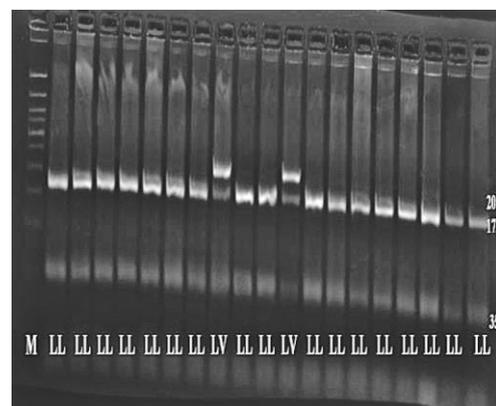


Рисунок 2 – Электрофореграмма рестриционного анализа гена *GH*

Обозначения: М – маркер молекулярного веса 200 – 500 п.н. (ОДО «Праймтех», Беларусь).

GH 1: 5' CCG TGT CTA TGA GAA GC 3'

GH 2: 5' GTT CTT GAG CAG CGC GT 3'

Условия проведения ПЦР *GH*: 94°C, 4 мин.; 35 циклов – 94°C, 45 с.; 65°C, 45 с.; 72°C, 45 с.; достройка или финальная элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W, 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *GH* составила 223 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *GH* применяли эндонуклеазу *AluI*. Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W, 50-60 мин, в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гельдокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *GH* идентифицировались генотипы: *GH^{LL}* – 208 п.н.; *GH^{LV}* – 208/172/35 п.н.; *GH^{VV}* – 172/35 п.н. (рисунок 2). Для амплификации участка гена *BLG* использовали праймеры [11]:

BLG 1: 5' TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G 3'

BLG 2: 5' GCT CCC GGT ATA TGA CCA CCC TCT 3'

Условия проведения ПЦР *BLG*: 94°C, 5 мин.; 30 циклов – 94°C, 30 сек.; 59°C, 40 сек.; 72°C, 20 сек; элонгация – 72°C, 3 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W, 50-60 мин. Длина фрагмента гена *BLG* – 247 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *BLG* применяли эндонуклеазу *BsuRI* (*Hae* III). Реакцию проводили при температуре 37°C. Для амплификации участка гена *PRL* использовали праймеры [14]:

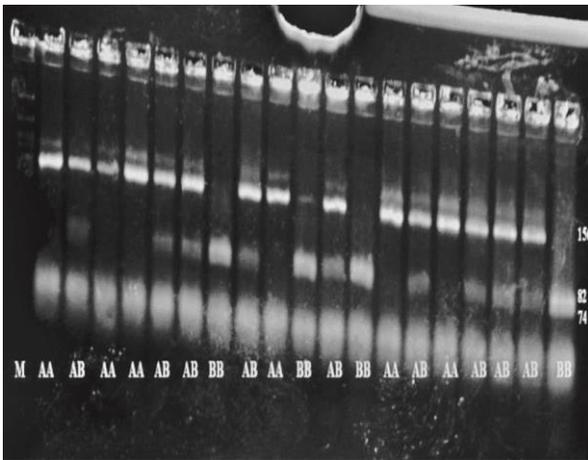


Рисунок 3 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL*

PRL 1: 5' CGA GTC CTT ATG AGC TTG ATT CTT 3'

PRL 2: 5' GCC TTC CAG AAG TCG TTT GTT TTC 3'

Условия проведения ПЦР *PRL*: 94°C, 4 мин.; 35 циклов – 94°C, 45 с.; 65°C, 45 с.; 72°C, 45 с.; элонгация – 72°C, 7 мин. Наличие ПЦР-фрагмента оценивали электрофоретическим методом в 2% агарозном геле при напряжении 120 W, 50-60 мин. Длина амплифицированного фрагмента гена *PRL* – 156 п.н. Для рестрикции амплифицированного участка гена *PRL* применяли эндонуклеазу *Rsa* I. Реакцию проводили при температуре 37°C. Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 W, 50-60 мин., в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гельдокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *PRL* идентифицируются следующие генотипы: *PRL^{AA}* – длиной 156 п.н.; *PRL^{AB}* – 156/82/74 п.н.; *PRL^{BB}* – 82/74 п.н. (рисунок 3). Продукты рестрикции генов разделяли электрофоретически в 3% агарозном геле при напряжении 130 В, 50-60 мин, в 1×TBE буфере. Визуализацию фрагментов проводили при УФ-свете на системе гельдокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *BLG* идентифицируются следующие генотипы: *BLG^{AA}* – фрагменты 148/99 п.н.; *BLG^{AB}* – фрагменты 148/99/74 п.н.; *BLG^{BB}* – фрагменты 99/74 п.н. (рисунок 4).

Частота встречаемости аллелей по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (*DGAT1*), пролактина (*PRL*), бета-лактоглобулина (*BLG*) и соматотропина (*GH*) рассчитана по

формулам по Е.К. Меркурьевой [8]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат (χ^2), или критерий Пирсона [9].

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные белорусской черно-пестрой породы были сгруппированы в зависимости от возраста: первотелки, коровы второго и третьего отелов. Молочную продуктивность коров определяли по результатам контрольных доений. В статистическую обработку включали показатели животных, продолжительность лактации у которых была не менее 240 дней. У животных с различными генотипами по изучаемым генам учитывали удой, массовую долю жира и белка, выход молочного жира и белка за 305 дней лактации или укороченную лактацию.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами биологической статистики в описании Н.А. Плохинского [10], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel. Достоверными считались различия при уровне значимости * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$.

Результаты исследований. Соотношение первотелок белорусской черно-пестрой породы с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* представлено на рисунке 5.

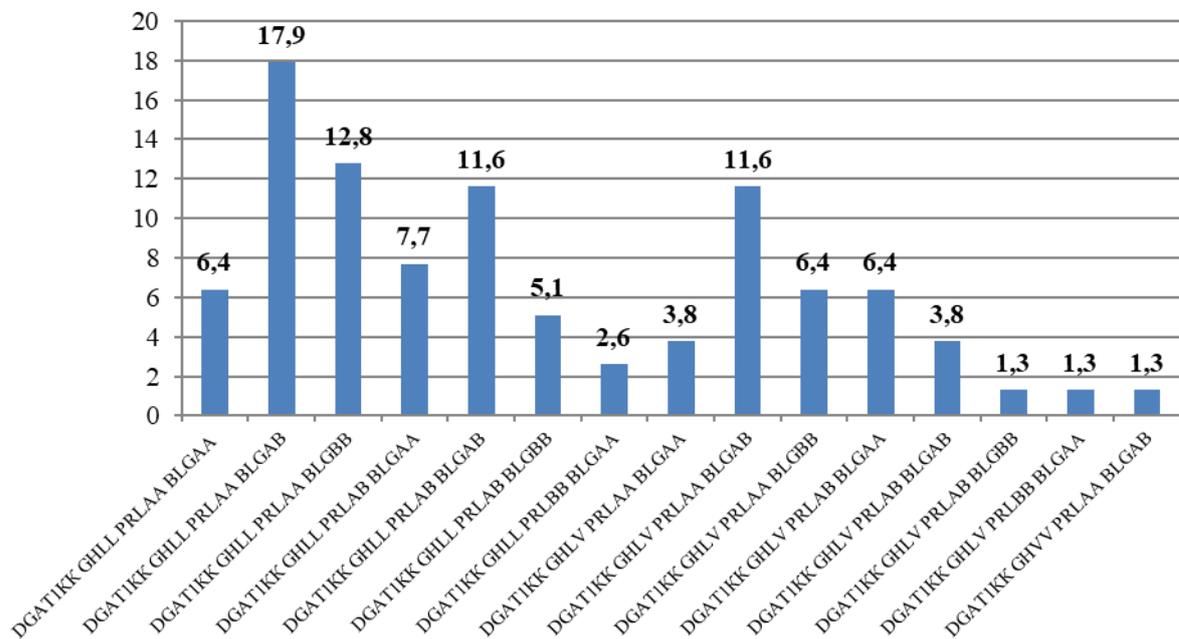


Рисунок 5 – Соотношение первотелок белорусской черно-пестрой породы с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Установлено, что всего было выявлено 15 комплексов генотипов из 27 возможных комбинаций. Из всех протестированных первотелок наибольшее количество животных имело комплекс генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 17,9% (14 голов). 12,8% животных, или 10 голов, имели комбинацию генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}*, у 9 голов, или 11,6% особей, выявлены сочетания генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}* соответственно, 6 животных, или 7,7%, имели комплекс полиморфных вариантов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}*, еще у 5 первотелок, или 6,4% животных, имелись комбинации генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}* соответственно, у 3 голов, или 3,8% первотелок, имелись сочетания генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}*, а комплексы генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{BB}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{BB}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}* выявлены у 1 животного. Соотношение коров белорусской черно-пестрой породы второй лактации с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* представлено на рисунке 6.

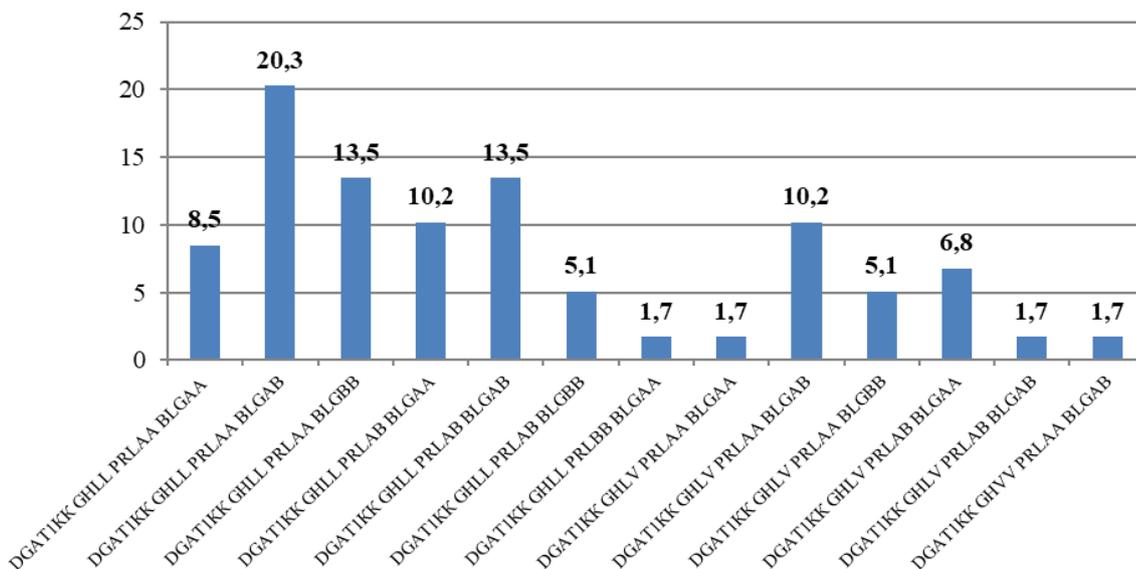


Рисунок 6 – Соотношение коров белорусской черно-пестрой породы второй лактации с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Полученные данные свидетельствуют о том, что всего было выявлено 13 генотипов из 27 возможных комбинаций. Так же как и в случае с первотелками, наибольшее количество из всех протестированных животных имели комплекс генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 20,3% (12 голов). При этом другие комбинации генотипов были распределены следующим образом: у 8 голов (или 13,5%) животных были выявлены комплексы генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* соответственно, еще у 6 голов (10,2%) имелись сочетания генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}*, 5 коров, или 8,5%, имели комплекс полиморфных вариантов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}*, 6,8% животных, или 4 головы, имели комбинацию генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}*, у 3 особей (5,1 %) имелись комплексы генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}*, а сочетания генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{BB}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}*, *DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AB}* и *DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}* имелись у 1 животного. Соотношение коров белорусской черно-пестрой породы третьей лактации с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* представлено на рисунке 7.

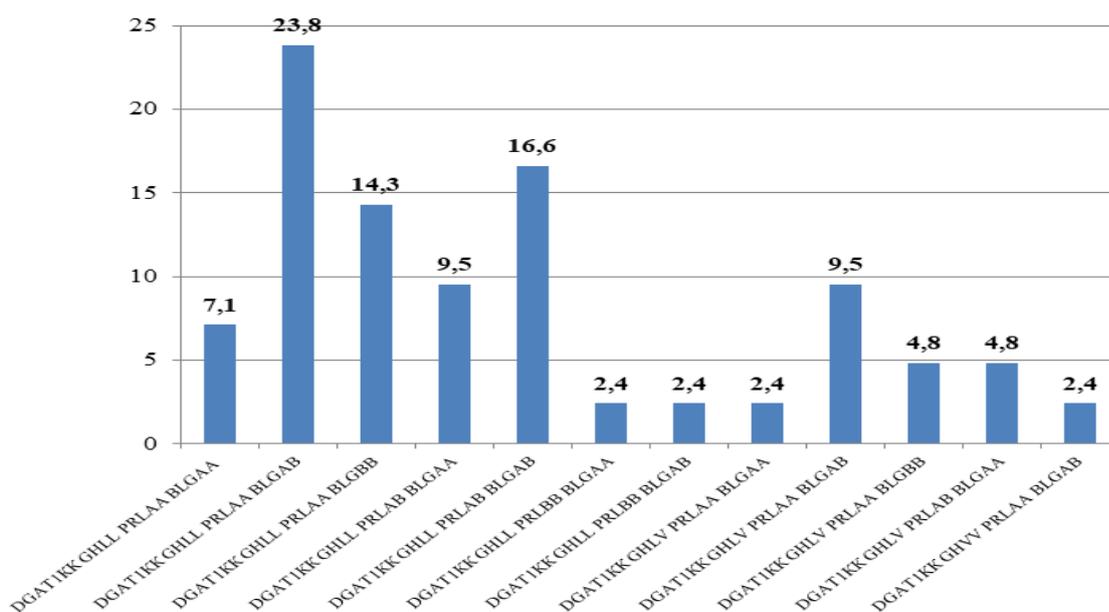


Рисунок 7 – Соотношение коров белорусской черно-пестрой породы третьей лактации с выявленными комбинациями генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG*

Анализируя полученные данные, можно отметить, что общее количество выявленных генотипов – 12. Так же как и у первотелок, и коров второй лактации, наибольшее количество из всех протестированных животных третьей лактации имели комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 23,8% (10 голов), 16,6% особей, или 7 голов, имели комбинацию генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, 6 коров, или 14,3% животных, имели сочетание генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$, у 4 голов, или 9,5% коров, выявлены комплексы генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ соответственно, 3 коровы, или 7,1% животных, имели комплекс полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$, еще у 2 голов, или 4,8% животных, были выявлены комбинации генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$, сочетания генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{BB}BLG^{AA}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{BB}BLG^{AB}$, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{VV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ соответственно были представлены у 1 животного.

Так же как и в случае с животными красной белорусской породной группы, было отмечено, что к третьей лактации почти половина протестированных особей выбыла из основного стада. Основными причинами выбытия являлись маститы (67%), эндометриты (10%), болезни конечностей (17%), внутреннее незаразные заболевания (кетозы) (6%). Для оценки ассоциированного влияния комплексных генотипов по генам диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 ($DGAT1$), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) на показатели молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы минимальная выборка составила 5 голов.

В таблице 2 приведены показатели молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы с комплексными генотипами по $DGAT1$, GH , PRL и BLG . Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наиболее высокий удой был у первотелок белорусской черно-пестрой породы с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 6248,56±248,84 кг, у животных с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 6171,21±279,89 кг. Первотелки с указанными выше комплексами генотипов превосходили своих сверстниц, имеющих самый низкий удой – 5207,80±246,87 кг (комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$) на 19,9% ($P<0,01$) и на 18,4% ($P<0,01$) соответственно. Удой особей с другими комбинациями генотипов генов составил: $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ – 5917,20±243,45 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 5998,30±244,84 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – 5989,00±202,49 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – 5978,67 ± 240,78 кг, $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 5807,40 ± 241,43 кг. По этому показателю они превосходили первотелок с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$ на 13,6% ($P<0,01$), на 15,1% ($P<0,01$), на 15,0% ($P<0,01$), 14,8% ($P<0,01$) и на 11,5% ($P<0,05$) соответственно. По массовой доле жира в молоке наиболее высокие показатели имели животные с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 3,81±0,07% и превосходили своих сверстниц с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наиболее низкую жирномолочность – на 3,65%, или на 0,16 п.п. ($P<0,05$). У первотелок с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ массовая доля жира в молоке составила 3,73±0,11%, с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 3,73±0,10%, с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – 3,68±0,11%, с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – 3,75±0,09%, с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 3,76±0,09% и с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 3,65±0,04%, что на 0,08 п.п., 0,08 п.п., 0,03 п.п., 0,10 п.п., 0,11 п.п. и на 0,02 п.п. выше соответственно, чем у первотелок с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель имели животные с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 3,33±0,04%, самые низкие – первотелки с комплексами генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 3,25±0,04%. У особей остальных изучаемых комплексов генотипов генов массовая доля белка в молоке находилась в интервале 3,27±0,04% ... 3,32±0,04%. По количеству молочного жира в молоке самые высокие показатели имели первотелки с комплексом генотипов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 236,14±13,45 кг, что на 25,1% ($P<0,01$) выше, чем у первотелок с сочетанием генотипов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$, имеющих наименьший показатель – 188,80±9,02 кг. У первотелок с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ количество молочного жира в молоке составило 221,70±13,98 кг, с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 223,20±11,47 кг, с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – 225,50±13,06 кг, с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 226,11±12,24 кг, с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 234,22±12,73 кг и с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – 213,40±9,98 кг, что на 17,4% ($P<0,01$), на 18,2% ($P<0,01$), на 17,8% ($P<0,01$), на 19,7% ($P<0,01$), на 24,1% ($P<0,01$) и на 13,0% ($P<0,05$) соответственно выше по сравнению с животными, имеющими комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AB}BLG^{AA}$.

По количеству молочного белка в молоке лучшие результаты показали первотелки с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – 208,44±12,04 кг и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ –

202,36±10,20 кг, что на 20,7% (P<0,01) и на 17,2% (P<0,01) выше, чем у первотелок с сочетанием генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AB}BLG^{AA}*, имеющих показатель 172,60±9,97 кг.

Таблица 2 – Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* с показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы, ($M \pm m$)

№	Комплекс генотипов генов	n	Показатели				
			удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
Первотелки белорусской черно-пестрой породы							
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	5	5917,20± 243,45**	3,73± 0,11	221,70± 13,98**	3,27± 0,08	193,00± 8,29**
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	14	6171,21± 279,89**	3,81± 0,07*	236,14± 13,45**	3,27± 0,04	202,36± 10,20**
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	10	5998,30± 244,84**	3,73± 0,10	223,20± 11,47**	3,28± 0,05	196,20± 7,36**
4	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	6	5989,00± 202,49**	3,68± 0,11	222,50± 13,06**	3,33± 0,04	200,00± 11,00**
5	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	9	5978,67± 240,78**	3,75± 0,09	226,11± 12,24**	3,25± 0,04	194,44± 12,46**
6	<i>DGAT1^{KK}GH^L VPRL^{AA}BLG^{AB}</i>	9	6248,56± 241,10**	3,76± 0,09	234,22± 12,73**	3,33± 0,04	208,44± 12,04**
7	<i>DGAT1^{KK}GH^L PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	5	5807,40± 241,43*	3,67± 0,04	213,40± 9,98*	3,25± 0,04	188,40± 7,28*
8	<i>DGAT1^{KK}GH^L PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	5	5207,80± 246,87	3,65± 0,04	188,80± 9,02	3,32± 0,04	172,60± 9,97
Коровы белорусской черно-пестрой породы второй лактации							
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	5	5798,40± 251,29	3,55± 0,11	206,20± 12,42	3,25± 0,04	188,60± 9,34
2	<i>DGAT1^{KK}GH^L LPRL^{AA}BLG^{AB}</i>	12	5993,50± 200,65	3,82± 0,04**	228,42± 7,82**	3,34± 0,03	200,08± 7,41*
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	8	5809,38± 226,28	3,77± 0,07*	218,63± 12,08*	3,31± 0,04	192,50± 13,74
4	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	6	6047,83± 206,32	3,60± 0,10	217,67± 12,05*	3,31± 0,06	199,67± 10,10*
5	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	8	5809,45± 229,64	3,73± 0,07*	216,63± 10,02*	3,32± 0,03	193,25± 8,89
6	<i>DGAT1^{KK}GH^L PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	6	5885,17± 282,55	3,76± 0,07*	220,83± 12,45*	3,37± 0,05	197,33± 11,75*
Коровы белорусской черно-пестрой породы третьей лактации							
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	10	5675,60± 122,84	3,89± 0,08	221,20± 7,69	3,37± 0,04	190,70± 8,53
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	6	6011,33± 248,53*	3,76± 0,04	225,50± 13,94	3,33± 0,04	200,67± 12,90
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	7	5759,86± 282,88	3,74± 0,07	215,00± 11,07	3,32± 0,05	191,29± 10,16

У первотелок других изучаемых комплексов генотипов количество молочного белка в молоке находилось в интервале 188,40±7,28 кг... 200,00±11,00 кг, что выше, чем у первотелок с комбинацией генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AB}BLG^{AA}* на 9,1% (P<0,05) ... 15,8% (P<0,05) соответственно.

При анализе показателей молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы второй лактации с комплексами генотипов генов *DGAT1*, *GH*, *PRL* и *BLG* было установлено, что наиболее высокие удои были у коров с комплексами полиморфных вариантов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}* – 6047,83±206,32 кг и 5993,50±200,65 кг соответственно, что на 4,3% и на 3,3% выше, чем у животных с сочетанием генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}*, имеющих наименьший удой – 5798,40±251,29 кг. Особи второй лактации с сочетанием генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}* имели удой 5809,38±226,28 кг, с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}* – 5809,38±229,64 кг и комбинацией генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AA}BLG^{AB}* – 5885,17±282,55 кг, что на 0,2%, на 0,2% и на 1,4% вы-

ше, чем у коров с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$. По массовой доле жира в молоке, так же как и у первотелок, наиболее высокий показатель имели животные с комплексом генотипов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,82 \pm 0,04\%$, что на 0,27 п.п. ($P < 0,01$) выше, чем у коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$, имеющих наименьшую жирномолочность – $3,55 \pm 0,11\%$. У животных с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ массовая доля жира в молоке составила $3,77 \pm 0,07\%$, с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – $3,60 \pm 0,10\%$, с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $3,73 \pm 0,07\%$ и с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,76 \pm 0,07\%$, что на 0,22 п.п. ($P < 0,05$), на 0,05 п.п., на 0,18 п.п. ($P < 0,05$) и на 0,21 п.п. ($P < 0,05$) выше, чем у коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ соответственно. Что касается массовой доли белка в молоке, то наиболее высокий показатель имели животные с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,37 \pm 0,05\%$, наиболее низкий – особи с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ – $3,25 \pm 0,04\%$. У животных других комплексов генотипов массовая доля белка в молоке варьировала в пределах $3,31 \pm 0,04\%$... $3,34 \pm 0,03\%$. В отношении количества молочного жира и белка в молоке наиболее высокие результаты показали коровы, имеющие комплекс генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $228,42 \pm 7,82$ кг и $200,08 \pm 7,41$ кг соответственно. По этим показателям они превосходили животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$, имеющих наиболее низкие значения – $206,20 \pm 12,42$ кг и $188,60 \pm 9,34$ кг, что на 10,8% ($P < 0,01$) и на 6,1% ($P < 0,05$) ниже соответственно. Что касается животных других комплексов генотипов, то количество молочного жира и белка в молоке у них составило: у коров с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – $218,63 \pm 12,08$ кг и $192,50 \pm 13,74$ кг, с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ – $217,67 \pm 12,05$ кг и $199,67 \pm 10,10$ кг, с комплексом полиморфных вариантов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $216,63 \pm 10,02$ кг и $193,25 \pm 8,89$ кг и с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $220,83 \pm 12,45$ кг и $197,33 \pm 11,75$ кг соответственно.

К третьей лактации остались выборки животных по 5 голов и более трех полиморфных вариантов генов – $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ (10 голов), $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ (6 голов) и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ (7 голов), другие выявленные комплексные генотипы были представлены меньшим количеством голов. При анализе показателей молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы третьей лактации с комплексами генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG было установлено, что по удою наиболее высокий показатель имели животные с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – $6011,33 \pm 248,53$ кг, самый низкий – $5675,60 \pm 122,84$ кг – животные с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$, у коров с сочетанием генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ удой составил $5759,86 \pm 282,88$ кг. Вместе с тем по массовой доле жира и белка в молоке наиболее высокие показатели имели особи третьей лактации с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ – $3,89 \pm 0,08\%$ и $3,37 \pm 0,04\%$ соответственно. По эти показателям они превосходили своих сверстниц с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ на 0,13 п.п. ($P < 0,05$) и на 0,04 п.п., а коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – на 0,15 п.п. ($P < 0,05$) и на 0,05 п.п. соответственно. По количеству молочного жира и белка в молоке наиболее высокие результаты имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ – $225,50 \pm 13,94$ кг и $200,67 \pm 12,90$ кг, что связано с более высоким удоем по сравнению со сверстницами. У коров с полиморфным вариантом генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ данные показатели составили $221,20 \pm 7,69$ кг и $190,70 \pm 8,53$ кг, а у животных полиморфным вариантом генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ – $215,00 \pm 11,07$ кг и $191,29 \pm 10,16$ кг соответственно.

Таким образом, при оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов по генам $DGAT1$, GH , PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы установлено, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке, в большинстве случаев, наиболее высокие показатели имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$.

На следующем этапе исследований нами были изучены корреляционные связи между основными показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы по трем лактациям с учетом комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG .

В таблице 3 показана корреляционная связь между основными показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы по трем лактациям. Анализируя данные таблицы, можно отметить, что у первотелок белорусской черно-пестрой породы высокая положительная корреляционная связь между удоем и жирномолочностью была выявлена лишь у животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}$ ($r = 0,72$), средняя и низкая положительная корреляционная связь между указанными выше показателями была установлена у животных с комбинациями генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LV}PRL^{AA}BLG^{BB}$, $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$, а коэффициент корреляции (r) составил 0,47, 0,23 и 0,07 соответственно.

Таблица 3 – Корреляционная связь между основными показателями молочной продуктивности белорусской черно-пестрой породы по трем лактациям, *r*

№	Комплекс генотипов	n	Показатели					
			удой – жирномолочность	удой – белково-молочность	жирномолочность – белково-молочность	удой – количество молочного жира	удой – количество молочного белка	количество молочного жира – количество молочного белка
Первотелки белорусской черно-пестрой породы								
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	5	0,72	-0,59	-0,66	0,97	0,82	0,72
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	14	-0,19	-0,24	0,21	0,76	0,94	0,76
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	10	-0,07	-0,13	0,47	0,83	0,97	0,88
4	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	6	0,23	-0,05	-0,46	0,87	0,97	0,79
5	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	9	0,07	0,40	-0,31	0,97	0,99	0,94
6	<i>DGAT1^{KK}GH^L VPRL^{AA}BLG^{AB}</i>	9	-0,07	-0,05	0,41	0,91	0,97	0,93
7	<i>DGAT1^{KK}GH^L PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	5	0,47	-0,69	-0,09	0,99	0,99	0,98
8	<i>DGAT1^{KK}GH^L PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	5	-0,49	-0,33	0,89	0,80	0,98	0,88
Коровы белорусской черно-пестрой породы второй лактации								
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AA}</i>	5	0,30	0,33	0,52	0,93	0,95	0,94
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	12	0,46	0,04	0,36	0,95	0,99	0,94
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	8	0,07	-0,26	0,50	0,67	0,92	0,79
4	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AA}</i>	6	-0,47	0,77	-0,17	0,93	0,99	0,94
5	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	8	0,35	0,16	0,52	0,92	0,98	0,94
6	<i>DGAT1^{KK}GH^L VPRL^{AA}BLG^{AB}</i>	6	0,21	0,60	0,03	0,83	0,98	0,81
Коровы белорусской черно-пестрой породы третьей лактации								
1	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{AB}</i>	10	0,01	-0,83	0,39	0,67	0,97	0,80
2	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AA}BLG^{BB}</i>	6	0,49	0,80	0,80	0,97	0,99	0,98
3	<i>DGAT1^{KK}GH^{LL} PRL^{AB}BLG^{AB}</i>	7	-0,14	-0,02	0,27	0,76	0,97	0,78

У первотелок других комплексов генотипов была выявлена отрицательная корреляционная связь между удоём и жирномолочностью, а коэффициент корреляции (*r*) варьировал от -0,07 у животных с сочетаниями генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}* и *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AA}BLG^{AB}* до -0,49 у первотелок с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AB}BLG^{AA}*. Что касается корреляционной связи между удоём и белковомолочностью, то у животных всех комплексов генотипов (за исключением комплекса генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}*) она была низкой и средней отрицательной, а коэффициент корреляции (*r*) варьировал от -0,05 у животных с комбинациями генотипов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}* и *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AA}BLG^{AB}* до -0,69 – у животных с сочетанием генотипов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AA}BLG^{BB}*. Корреляционная связь между показателями жирномолочности и белковомолочности варьировала от средней отрицательной у животных с комплексом генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AA}* до высокой положительной у первотелок с комбинацией генотипов генов *DGAT1^{KK}GH^LVPRL^{AB}BLG^{AA}* (*r*= -0,66 ... 0,89).

Между удоем и количеством молочного жира в молоке, между удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке у первотелок всех комплексов генотипов была выявлена высокая положительная корреляционная связь, а коэффициент корреляции (r) находился в интервале от 0,72 до 0,99. Так, между удоем и жирномолочностью у животных всех комплексов генотипов, за исключением комплекса генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$, корреляционная связь была от низкой до средней положительной ($r=0,07...0,46$). Аналогичная тенденция была отмечена между удоем и белковомолочностью: у особей всех комплексов генотипов (за исключением комплекса генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$) была установлена положительная корреляционная связь (от низкой до высокой), а коэффициент корреляции (r) находился в интервале от 0,04 у коров с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ до 0,77 у животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$. Между показателями жирномолочности и белковомолочности выявлена положительная корреляционная связь у животных всех комплексов генотипов (за исключением комплекса генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AA}$), при этом коэффициент корреляции (r) составил от 0,03 (низкая положительная корреляционная связь) до 0,52 (средняя положительная корреляционная связь). Между удоем и количеством молочного жира в молоке, между удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке у коров второй лактации всех комплексов генотипов была выявлена средняя и высокая положительная корреляционная связь ($r=0,67 \dots 0,99$). При анализе корреляционных связей между основными показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы третьей лактации установлено, что у животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{BB}$ отмечена средняя и высокая положительная корреляционная связь между всеми изучаемыми показателями молочной продуктивности. Так, между удоем и жирномолочностью коэффициент корреляции (r) составил 0,49, между удоем и белковомолочностью – 0,80, между жирномолочностью и белковомолочностью – 0,80, между удоем и количеством молочного жира в молоке – 0,97, между удоем и количеством молочного белка в молоке – 0,99, между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке – 0,98. У животных с комбинацией генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ была отмечена низкая положительная корреляционная связь между удоем и жирномолочностью ($r= 0,01$), средняя положительная корреляционная связь между жирномолочностью и белковомолочностью ($r= 0,39$) и высокая отрицательная корреляционная связь между удоем и белковомолочностью ($r= -0,83$). У животных с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ была установлена низкая отрицательная корреляционная связь между удоем и жирномолочностью, между удоем и белковомолочностью, а коэффициент корреляции (r) при этом составил -0,14 и -0,02 соответственно. Что касается корреляционной связи между жирномолочностью и белковомолочностью, то она была низкой положительной величиной ($r=0,27$). Между удоем и количеством молочного жира в молоке, между удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке у коров второй лактации комплексов генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$ и $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AB}BLG^{AB}$ была выявлена средняя и высокая положительная корреляционная связь ($r=0,67... 0,98$).

Таким образом, при оценке корреляционных связей между основными показателями молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы по трем лактациям с учетом комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG установлено, что в подавляющем большинстве случаев у животных всех комплексов генотипов по трем лактациям выявлены средняя и высокая положительные корреляционные связи между удоем и количеством молочного жира в молоке, удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке. Что касается взаимосвязи между другими показателями молочной продуктивности, в частности, между удоем и жирномолочностью, удоем и белковомолочностью, а также между жирномолочностью и белковомолочностью, то корреляционные связи изменялись в зависимости от комплекса генотипов и номера лактации и варьировали от высоких положительных до высоких отрицательных значений ($r=0,80 \dots -0,83$).

Закключение. При оценке ассоциированного влияния комплексов генотипов генов $DGAT1$, GH , PRL и BLG на показатели молочной продуктивности коров белорусской черно-пестрой породы установлено, что по массовой доле жира и количеству молочного жира в молоке, в большинстве случаев, наиболее высокие показатели имели животные с комплексом генотипов генов $DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB}$. Установлено, что у животных всех комплексов генотипов генов по трем лактациям были выявлены средняя и высокая положительные корреляционные связи между удоем и количеством молочного жира в молоке, удоем и количеством молочного белка в молоке, а также между количеством молочного жира и количеством молочного белка в молоке. Что касается взаимосвязи между другими показателями молочной продуктивности, в частности, между удоем и жирномолочностью, удоем и белковомолочностью, а также между жирномолочностью и белковомолочностью, то корреляционные связи изменялись в зависимости от комплекса генотипов

и номера лактации, и варьировали от высоких положительных до высоких отрицательных значений ($r=0,80 \dots -0,83$).

Conclusion. When assessing the associated effect of the genotype complex for the DGAT1, GH, PRL and BLG genes in terms of productivity indicators in cows of the Belarusian black-and-white breed, it was found that by weight and the amount of milk fat in milk, in most cases, the highest indicators were obtained with the complex of genotypes for DGAT1^{KK}GH^{LL}PRL^{AA}BLG^{AB} genes. It was found that in animals with all gene genotype complexes over three lactations, the medium and high positive correlations were identified between milk yield and the amount of milk fat in milk, milk yield and the amount of milk protein in milk, as well as between the amount of milk fat and the amount of milk protein in milk. As for the relationship between other indicators of milk productivity, in particular, between milk yield and fat percentage, milk yield and protein percentage, as well as between fat percentage and protein percentage, the correlations varied depending on the complex of genotypes and lactation number, and ranged from high positive to high negative values ($r=0.80 \dots -0.83$).

Список литературы. 1. Харзинова, В. Р. Полиморфизм ДНК-маркеров DGAT1, TG5 и GH в связи с линейной принадлежностью и уровнем молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / В. Р. Харзинова, Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // Проблемы биологии продуктив. животных. – 2011. – № 1. – С. 73–77. 2. Кийко, Е. И. Принципы маркерной селекции в молочном скотоводстве / Е. И. Кийко // Вестник Тамбовского университета. Серия : естественные и технические науки. – 2010. – Т. 15, № 1. – С. 134–135. 3. Использование генетических маркеров в селекционно-племенной работе / Н. Ковалюк, А. Ковалюк, Е. Чурилова [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. – 2004. – № 8. – С. 20–21. 4. Марзанов, Н. С. Особенности аллелофонда у различных видов и пород животных / Н. С. Марзанов // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и ветеринарии : материалы III Международной научной конференции / Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии. – Москва, 2004. – С. 55–58. 5. Хабибрахманова, Я. А. Генный полиморфизм молочных пород скота / Я. А. Хабибрахманова, Ш. Р. Мещеров, Л. А. Калашникова // V съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров, Москва, 21–28 июня 2009 г. : тезисы докладов / Институт общей генетики РАН [и др.]. – Москва, 2009. – С. 110. 6. Погорельский, И. А. Полиморфизм генов бета-лактоглобулина, гормона роста и пролактина и влияние их генотипов на молочную продуктивность коров / И. А. Погорельский, Г. Н. Сердюк, М. В. Позовникова // Молочное и мясное скотоводство. – 2014. – № 6. – С. 9–13. 7. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э.Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва : Мир, 1984. – 480 с. 8. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1970. – 423 с. 9. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – Москва : Колос, 1983. – 400 с. 10. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва : АН СССР, 1969. – 360 с. 11. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici, H. Samli, B. Vatansever [et al.] // Archives Animal Breeding. – 2019. – 62,9. – 32. 12. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. Nutr. – 1999. – Dev.39. – P. 171–180. 13. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // Animal Science Papers and Reports. – 2004. – Vol. 22, № 3. – P. 307–313. 14. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N.T.D. Thya, N.T. Thu, N.H. Cuong [et al.] // Russian Journal of Genetics. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

References. 1. Harzinova, V. R. Polimorfizm DNK-markerov DGAT1, TG5 i GH v svyazi s linejnoy prinalozhnost'yu i urovnem molochnoy produktivnosti korov cherno-pestroy porody / V. R. Harzinova, N. A. Zinov'eva, E. A. Gladyr' // Problemy biologii produktiv. zhivotnyh. – 2011. – № 1. – S. 73–77. 2. Kijko, E. I. Principy markernoy selekcii v molochnom skotovodstve / E. I. Kijko // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya : estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2010. – T. 15, № 1. – S. 134–135. 3. Ispol'zovanie geneticheskikh markerov v selekcionno-plemennoj rabote / N. Kovalyuk, A. Kovalyuk, E. CHurilova [i dr.] // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2004. – № 8. – S. 20–21. 4. Marzanov, N. S. Osobennosti allelofonda u razlichnyh vidov i porod zhivotnyh / N. S. Marzanov // Biotekhnologiya v rastenievodstve, zhivotnovodstve i veterinarii : materialy III Mezhdunarodnoy nauchnoy konferencii / Vserossiyskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skohozyajstvennoy biotekhnologii. – Moskva, 2004. – S. 55–58. 5. Habibrahmanova, YA. A. Gennyj polimorfizm molochnyh porod skota / YA. A. Habibrahmanova, SH. R. Meshchero, L. A. Kalashnikova // V s"ezd Vavilovskogo obshchestva genetikov i selekcionerov, Moskva, 21–28 iyunya 2009 g. : tezisy dokladov / Institut obshchej genetiki RAN [i dr.]. – Moskva, 2009. – S. 110. 6. Pogorel'skij, I. A. Polimorfizm genov beta-laktoglobulina, gormona rosta i prolaktina i vliyaniye ih genotipov na molochnuyu produktivnost' korov / I. A. Pogorel'skij, G. N. Serdyuk, M. V. Pozovnikova // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2014. – № 6. – S. 9–13. 7. Maniatis, T. Molekulyarnoe klonirovaniye / T. Maniatis, E.Frich, Dzh. Sembрук. – Moskva : Mir, 1984. – 480 s. 8. Merkur'eva, E. K. Biometriya v selekcii i genetike / E.K. Merkur'eva. – Moskva : Kolos, 1970. – 423 s. 9. Merkur'eva, E. K. Genetika s osnovami biometrii / E. K. Merkur'eva, G. N. SHangin-Berezovskij. – Moskva : Kolos, 1983. – 400 s. 10. Plohinskij, N. A. Biometriya / N. A. Plohinskij. – Moskva : AN SSSR, 1969. – 360 s. 11. Comprehensive assessment of candidate genes asso-ciated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardici, H. Samli, B. Vatansever [et al.] // Archives An-imal Breeding. – 2019. – 62,9. – 32. 12. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska, L. Zwierzchowski, M. Snochowski, Z. Reklewski // Respod. Nutr. – 1999. – Dev.39. – P. 171–180. 13. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek, K. Waskowicz, A. Michalak, Z. Dorynek // Animal Science Papers and Reports. – 2004. – Vol. 22, № 3. – P. 307–313. 14. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N.T.D. Thya, N.T. Thu, N.H. Cuong [et al.] // Russian Journal of Genetics. – 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 346–352.

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-97-102
УДК 636.082.22:636.12(476)**АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ ЛОШАДЕЙ ГАННОВЕРСКОЙ ПОРОДЫ
НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

***Рудак А.Н. ORCID ID 0000-0002-1110-7183, *Герман Ю.И. ORCID ID 0000-0002-1549-8599,
*Герман А.И. ORCID ID 0000-0003-1787-8015, **Заяц О.В. ORCID ID 0000-0002-6591-0553**
*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь
**УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Ганноверская порода лошадей является одной из лучших в мировом конном спорте и сейчас активно развивается в Беларуси. Однако для того чтобы соответствовать предъявляемым тенденциям производства современной спортивной лошади, необходимо постоянно контролировать эффективность проводимой селекционной работы, в том числе по показателям фенотипических признаков репродуктивной части породы.

*В статье представлены результаты анализа параметров экстерьерно-конституциональных характеристик жеребцов-производителей и кобыл ганноверской породы в субъектах племенного коневодства Республики Беларусь. Определены их этологические особенности, воспроизводительные качества и племенная ценность. Полученные данные могут быть использованы в практике племенного коневодства для дальнейшего совершенствования ганноверской породы лошадей в республике в соответствии с современными требованиями верхового коннозаводства. **Ключевые слова:** ганноверская порода, селекционируемые признаки, экстерьер, конституция, жеребцы-производители, племенные кобылы, индекс племенной ценности.*

**ANALYSIS OF SELECTABLE TRAITS OF THE HANOVERIAN HORSE BREED
AT THE PRESENT STAGE OF ITS DEVELOPMENT**

***Rudak A.N., *Herman Yu.I., *Herman A.I., **Zayats O.V.**
*RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Husbandry",
Zhodino, Republic of Belarus
**Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine",
Vitebsk, Republic of Belarus

The Hanoverian horse breed is one of the best in the world equestrian sport and is now actively developing in Belarus. However, in order to meet the required trends in the production of a modern sport horse, it is necessary to constantly monitor the effectiveness of the ongoing selection work, including the indicators of phenotypic traits of the reproductive part of the breed.

*The article presents the results of the analysis of exterior and constitution parameters of the Hanoverian stallions and mares as the subjects of pedigree horse breeding in the Republic of Belarus. Their ethological characteristics, reproductive performance and breeding value have been determined. The data obtained can be used in the practice of pedigree horse breeding for further improvement of the Hanoverian horse breed in the republic in accordance with up-to-date requirements of riding horse breeding. **Keywords:** Hanoverian horse breed, selectable traits, exterior, constitution, sire stallions, stud mares, estimated breeder value.*

Введение. Ганноверская порода лошадей является одной из лучших в конном спорте мирового уровня. Во всемирном рейтинге студбуков (WBFSH) 2023 года она занимала 3 место среди 43 пород в выездке, 7 место из 58 – в троеборье и 8 место из 55 представителей в конкуре [1]. Такой стремительный прогресс преобразования породы из упряжного (каретного) направления использования произошел не только за счет прилития крови производителей лучших верховых пород – чистокровной английской верховой, арабской, тракененской, голштинской, но и быстрой переориентации племенной работы на производство благородной, крупной, пропорциональной, обладающей высокой работоспособностью полукровной лошади с правильными, энергичными, ритмичными и эластичными движениями, сильным техничным прыжком, по своему характеру и темпераменту удовлетворяющей требованиям всех видов классического конного спорта. Родословная любой ганноверской лошади насыщена знаменитыми представителями породы – победителями европейских, мировых чемпионатов и олимпийских игр [2].

Благодаря возможности использования в работе с породой разнообразных генотипов достигается гармоничное сочетание необходимых для прогресса породы качеств, осуществляется корректировка тех или иных признаков, обеспечивая присущие породе крупный рост, мощь, элегантность и красоту сложения [3].

Начало направленной племенной работы с ганноверанами в нашей республике связано с созданием в ОАО «Полочаны» племенной конефермы, которая вот уже более 30 лет занимается разведением и продажей лошадей ганноверской породы. Комплектование лошадьми осу-

ществлялось в основном из Калининградского конного завода, которому сейчас возвращено его историческое название «Георгенбург».

На сегодняшний день сформированы селекционные группы производящего состава для племенной работы, где используется 8 жеребцов-производителей и более 40 высококлассных маток в ОАО «Полесская нива» Столинского, Учреждении «РЦОПКС и К» Минского, КСУП «Тепличное» Гомельского районов.

Однако для того чтобы соответствовать желательным тенденциям производства современной спортивной лошади, необходимо постоянно контролировать эффективность проводимой селекционно-племенной работы, в том числе по показателям фенотипических признаков репродуктивной части породы.

Цель исследований – проанализировать показатели селекционируемых признаков лошадей ганноверской породы на современном этапе ее развития в республике.

Материалы и методы исследований. Исследования выполнялись в 4 субъектах племенного коневодства, где имеются лошади ганноверской породы – Учреждении «РЦОПКС и К» Минского, ОАО «Городилово» Молодечненского, КСУП «Тепличное» Гомельского, ОАО «Полесская нива» Столинского районов.

Фенотипические особенности жеребцов-производителей и племенных кобыл ганноверской породы (оценка за происхождение, типичность, промеры, экстерьер) определялись комиссионно на основе нормативных документов [4].

Индекс племенной ценности лошадей рассчитывался согласно разработанной системе оценки племенной (генетической) ценности лошадей разводимых в республике пород [5].

При оценке жеребцов по воспроизводительным качествам проанализировано время племенного использования, количество покрытых кобыл, число жеребят от зажеребевших кобыл, количество прохолостов кобыл, число рожденного слабого или нежизнеспособного потомства.

При оценке плодовой деятельности кобыл учитывались следующие основные показатели: число лет репродуктивного использования на 1 кобылу; процент зажеребляемости (Ж); число жеребят на одну кобылу; процент благополучной выжеребки (БВ – число родившихся живых жеребят по отношению к числу жеребостей); процент абортот (А); процент мертворожденных и слабо рожденных (МС); деловой выход жеребят (число жеребят к отъему по отношению к числу плодовых лет) [6].

Этологические особенности лошадей, обуславливающие их реакцию на воздействие неблагоприятных факторов внешней среды, устанавливались путем их тестирования по разработанной методике с анализом двигательных-пищевых характеристик [7].

Результаты оценки племенных кобыл и жеребцов обработаны биометрически по методике П.Ф. Рокицкого на ПК с применением Microsoft Excel [8].

Результаты исследований. Результаты фенотипической оценки жеребцов-производителей, используемых в разведении ганноверской породы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика жеребцов-производителей, используемых в разведении ганноверской породы, по фенотипическим признакам

Хозяйство	n	Промеры, см			Оценка признаков, баллы					ИПЦ, %
		высота в холке	обхват		происхождение	тип	промеры	экстерьер	работоспособность	
			груди	пясти						
ОАО «Городилово»	1	170,0	195,0	22,0	8,0	9,0	9,0	8,0	-	99,6
ОАО «Полесская нива»	2	164,0 ±2,0	192,0 ±2,0	21,3 ±0,3	9,0 ±0,0	8,75 ±0,3	7,8 ±0,3	8,5 ±0,5	-	100,8 ±0,7
У «РЦОПКС и К»	5	170,0 ±2,0	195,4 ±1,5	22,0 ±0,3	9,6 ±0,2	9,0 ±0,2	9,0 ±0,3	8,0 ±0,3	8,3 ±0,5	101,1 ±0,1
КСУП «Тепличное»	2	168,0 ±0,0	193,0 ±3,0	21,5 ±0,5	8,3 ±0,3	8,1 ±0,1	7,5 ±0,5	8,1 ±0,1	-	99,7 ±0,2
В среднем	10	168,0 ±1,4	193,9 ±0,8	21,7 ±0,2	8,7 ±0,4	8,7 ±0,2	8,3 ±0,3	8,2 ±0,1	-	100,3 ±0,4

Анализ данных таблицы 1 показал, что средняя высота в холке у жеребцов ганноверской породы составила $168,0 \pm 1,4$ см, обхват груди – $193,9 \pm 0,8$ см, обхват пясти – $21,7 \pm 0,2$ см. Средняя балльная оценка за тип среди используемых производителей составила $8,7 \pm 0,2$ баллов, промеры – $8,3 \pm 0,3$ балла, экстерьер – $8,2 \pm 0,1$ балла.

Лучшие производители ганноверской породы находятся в Учреждении «РЦОПКС и К», их средняя оценка за происхождение составляет $9,6 \pm 0,2$ балла, оценка типичности и ИПЦ также наиболее высокие среди всех жеребцов – $9,0 \pm 0,3$ балла и $101,1 \pm 0,1\%$ соответственно.

В среднем индекс племенной ценности используемых в воспроизводстве жеребцов составил – $100,3 \pm 0,4\%$, что свидетельствует о высоком их качестве.



**Рисунок 1 – Жеребец-производитель Secret Black ганноверской породы
ОАО «Полесская нива», Столинский район**

Оценено качество кобыл в подконтрольных хозяйствах. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты оценки кобыл ганноверской породы по комплексу признаков в базовых хозяйствах

Хозяйства	n	Промеры, см			происхождение	Оценка признаков, баллы				ИПЦ, %
		высота в холке	обхват			тип	промеры	экстерьер	работоспособность	
			груди	пясти						
ОАО «Городилово»	20	165,7 $\pm 1,0$	194,9 $\pm 1,5$	21,8 $\pm 0,1$	8,2 $\pm 0,1$	8,2 $\pm 0,1$	8,4 $\pm 0,3$	7,7 $\pm 0,1$	-	100,0 $\pm 0,1$
Учреждение «РЦОПКС и К»	10	166,7 $\pm 1,2$	196,5 $\pm 1,2$	21,7 $\pm 0,2$	9,3 $\pm 0,1$	8,5 $\pm 0,2$	8,7 $\pm 0,3$	7,7 $\pm 0,2$	7,8 $\pm 0,3$	101,15 $\pm 0,2$
КСУП «Тепличное»	7	161,6 $\pm 1,3$	193,0 $\pm 1,8$	20,4 $\pm 0,2$	8,1 $\pm 0,2$	8,0 $\pm 0,2$	7,1 $\pm 0,4$	7,6 $\pm 0,2$	-	99,8 $\pm 0,2$
СПК «Полесская нива»	6	163,3 $\pm 1,9$	188,2 $\pm 2,5$	20,8 $\pm 0,3$	8,8 $\pm 0,1$	8,4 $\pm 0,2$	7,3 $\pm 0,7$	8,2** $\pm 0,1$	-	100,6 $\pm 0,1$
В среднем по всему поголовью	43	164,2 $\pm 1,2$	192,8 $\pm 2,0$	21,2 $\pm 0,3$	8,6 $\pm 0,3$	8,3 $\pm 0,1$	7,9 $\pm 0,4$	7,8 $\pm 0,1$	-	100,4 $\pm 0,3$

Примечания: здесь и далее – разница значима при * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$.

Из приведенных в таблице 2 данных видно, что среди кобыл ганноверской породы наиболее высокий индекс племенной ценности (ИПЦ) имели лошади, принадлежащие Учреждению «РЦОПКС и К» Минского района – $101,1 \pm 0,2\%$. В среднем по кобылам ИПЦ составил $100,4 \pm 0,3\%$.

Установлено, что средняя высота в холке у племенных кобыл ганноверской породы по республике составила $164,2 \pm 1,2$ см, обхват груди – $192,8 \pm 2,0$ см, обхват пясти – $21,2 \pm 0,3$ см. Лучшими по промерам являются конематки ОАО «Городилово» Молодечненского района: высота в холке – $165,7 \pm 1,0$ см, обхват груди – $194,9 \pm 1,5$ см, обхват пясти – $21,8 \pm 0,1$ см. Сравнительно более низкие показатели по высоте в холке, обхвату груди и пясти имеют представительницы КСУП «Тепличное» ($161,6-193,0-20,4$), что обусловлено влиянием паратипических факторов внешней среды, вопросами кормления и содержания.

Выявлено, что лучшие по оценке промеров представительницы Учреждения «РЦОПКС и К» – $8,7 \pm 0,3$ балла. Самый низкий балл получили племенные матки из КСУП «Тепличное» – $7,1 \pm 0,4$. В среднем по всем кобылам указанный показатель составил $7,9 \pm 0,4$ балла.

Средняя оценка типичности кобыл тракененской породы в базовых хозяйствах составила $8,3 \pm 0,1$ балла, что является высоким показателем. Лучшими среди них являются матки из Учреждения «РЦОПКС и К» (средняя оценка $8,5 \pm 0,2$ балла) и ОАО «Полесская нива» ($8,4 \pm 0,2$ балла).

Наиболее высокую оценку экстерьерных качеств получили ганноверские кобылы из ОАО «Полесская нива» ($8,2 \pm 0,1$ балла). По указанному показателю они достоверно превосходят сверстниц из КСУП «Тепличное» на 0,6 балла ($p \leq 0,05$), из Учреждения «РЦОПКС и К» – на 0,5 балла ($p \leq 0,01$), ОАО «Городилово» – на 0,5 балла ($p \leq 0,05$).

Установлены этологические особенности лошадей ганноверской породы. Определено, что 16,7% жеребцов получили оценку этологических реакций 0 баллов и являются стрессочувствительными, а 66,6% производителей с оценкой 3 балла являются устойчивыми к действию внешних раздражителей. Среди кобыл ганноверской породы выявлено 8,8% стрессочувствительных лошадей, 56,0% оказались стрессоустойчивыми, 35,2% имели промежуточный тип поведенческих реакций с оценкой 1-2 балла. Таким образом, можно сделать вывод, что жеребцы и кобылы в подконтрольных хозяйствах в основном являются стрессоустойчивыми. Среди жеребцов оценку поведенческих реакций 2-3 балла получили 83,3% тестируемых животных, среди кобыл – 74,9%.

Воспроизводительные качества оценены по результатам учета покрытых кобыл каждым жеребцом, их зажеребляемости, выходу жеребят. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оценки воспроизводительных качеств жеребцов, используемых в разведении ганноверской породы

Кличка жеребца-производителя	Порода	Племенное использование, лет	Покрыто кобыл, гол.	Зажеребело кобыл		Выход жеребят		Прохолостело		Рождено слабого и нежизнеспособного потомства	
				гол.	%	гол.	%	гол.	%	гол.	%
Учреждение «РЦОПКС и К», Минский район											
Альфред	ганн	2	7	5	71,0	4	80,0	2	28,5	1	20,0
Бергамо	вестф	7	53	41	77,4	33	80,5	12	22,6	7	17,0
КСУП «Тепличное», Гомельский район											
Меркурий	ганн	5	19	17	89,0	13	76,5	2	10,5	5	29,4
Посейдон	ганн	3	8	4	50,0	4	100,0	4	50,0	-	-
ОАО «Полесская нива», Столинский район											
Сансис	ганн	10	63	47	74,6	41	87,2	16	25,4	6	12,8
ОАО «Городилово», Молодечненский район											
Голливуд	ганн	6	52	39	75,0	32	82,1	13	25,0	7	17,9

Установлено, что жеребцы в хозяйствах используются от 2 до 10 лет. По продолжительности племенного использования лидирует ганноверский жеребец Сансис из ОАО «Полесская нива» Столинского района. В среднем указанный показатель составляет 5,28 лет.

Анализ данных таблицы 3 показал, что нагрузка на 1 жеребца-производителя колеблется от 3 до 12 кобыл в год. Наиболее интенсивно используются жеребцы из ОАО «Городилово», где в среднем нагрузка составляет от 8,67 до 11,5 кобыл в год. Активно в селекции используется и жеребец из У «РЦОПКС и К» Бергамо, которым покрывают в среднем 7,57 маток в год.

Выявлено, что все используемые в селекции жеребцы обладают хорошими воспроизводительными качествами. Зажеребляемость покрытых маток варьирует от 70,0 до 89,0%, кроме ганноверского жеребца Посейдона, у которого данный показатель был достаточно низким и со-

ставил 50,0%, что скорее всего обусловлено индивидуальными особенностями подбираемых к нему кобыл. Выход жеребят по всем племенным хозяйствам достаточно высокий – от 76,5 до 100,0%. Указанные показатели являются оптимальными и соответствуют нормативным требованиям.

Проведена аналитическая оценка воспроизводительных качеств племенных кобыл ганноверской породы в хозяйствах республики, данные которой представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Репродуктивные качества кобыл ганноверской породы в базовых хозяйствах

Хозяйство	n	Число плод. лет на 1 кобылу	П	Ж	Число жеребят на 1 кобылу, гол.	БВ	А	МС	Деловой выход жеребят
	гол.	M±Me	%	%	M±Me	%	%	%	%
Учреждение «РЦОПКС и К»	6	3,6±0,5	31,6	68,3	2,0±0,5	79,1	20,8	-	49,2
ОАО «Городилово»	16	8,0±0,5	17,2	82,7	5,1±0,5	86,9	8,8	4,1	64,6
КСУП «Тепличное»	9	5,0±0,8	21,6	78,3	2,3±0,5	84,3	3,1	12,5	41,4
ОАО «Полесская нива»	6	3,2±0,4	33,3	66,6	1,8±0,4	100	-	-	61,6
В среднем:		4,9±1,1	25,9	73,9	2,8±0,7	87,6	8,2	4,2	54,2

Представленные в таблице 4 данные подтвердили, что среди племенных кобыл ганноверской породы лучшими показателями воспроизводительных качеств отличаются матки ОАО «Городилово». Они имеют несколько большее число плодовых лет (8,0±0,5) по сравнению со сверстницами из других хозяйств, наименьшее количество прохолостов (17,2%), более высокий процент благополучной выжеребки (86,9) и, соответственно, лучшие показатели делового выхода жеребят (64,6%).

Более молодые конематки ганноверской породы находятся в ОАО «Полесская нива», о чем свидетельствует довольно низкий показатель количества плодовых лет на 1 кобылу – 3,2±0,4. В среднем по всем хозяйствам этот показатель составил 4,9±1,1.

Высокий процент прохолостов отмечен в ОАО «Полесская нива» (33,3%) и в У «РЦОПКС и К» (31,6%), а в среднем по всем хозяйствам отмечен на уровне 25,9%.

Показатель числа жеребят на 1 кобылу (голов) оптимальный в ОАО «Городилово» – 5,1±0,5.

Процент благополучной выжеребки в среднем по указанным хозяйствам варьировал от 79,1 до 100,0% и лучшим был в ОАО «Полесская нива».

Деловой выход жеребят, являющийся важным показателем, влияющим на рентабельность отрасли коневодства в хозяйстве, в среднем по исследуемым предприятиям составил 54,2%. Относительно низкий он у ганноверских маток У «РЦОПКС и К» (49,2%) и КСУП «Тепличное» (41,4%), что обусловлено высокими показателями абортот (20,8%) и нежизнеспособного потомства (12,5%), на которые прямое влияние имеют неблагоприятные паратипические факторы.

В целом выявлено, что показатели воспроизводительных качеств кобыл ганноверской породы являются невысокими, поэтому необходимы специальные исследования проблемы улучшения воспроизводства лошадей, включающие вопросы анализа наследственной обусловленности, индивидуальных особенностей кобыл и подбираемых к ним жеребцов-производителей, соблюдения технологических процессов кормления и содержания.

Заключение. Определены фенотипические, этологические особенности и племенная ценность лошадей ганноверской породы в базовых хозяйствах. Установлено, что лошади высокого качества, о чем свидетельствует средний ИПЦ более 100,0% как у жеребцов, так и у кобыл, и параметры их экстерьерно-конституционального развития соответствуют нормативам. Выявлено, что лучшие жеребцы и матки ганноверской породы получены в Республиканском центре олимпийской подготовки конного спорта и коневодства Минского района.

Проведена оценка репродуктивных качеств производящего состава породы. Выявлено, что все используемые в селекции жеребцы обладают хорошими воспроизводительными качествами. Выход жеребят от производителей в исследуемых племенных хозяйствах достаточно

высокий – от 76,5 до 100,0%. Указанные показатели являются оптимальными и соответствуют нормативным требованиям.

В целом выявлено, что среди племенных кобыл ганноверской породы показатели воспроизводительных качеств необходимо улучшать, поэтому актуальными являются вопросы, включающие анализ наследственной обусловленности, индивидуальных особенностей кобыл и подбираемых к ним жеребцов-производителей, соблюдения технологических процессов кормления и содержания.

Полученные в результате исследований данные могут быть использованы в практике племенного коневодства для дальнейшего совершенствования ганноверской породы лошадей в республике в соответствии с современными требованиями верхового коннозаводства.

Conclusion. Phenotypic, ethological features and breeding value of Hanoverian horses on the base farms have been determined. It has been found that the horses are of high quality, as evidenced by an average EBV of more than 100.0% in both stallions and mares, and the parameters of their exterior and constitution development correspond to the norms. The best stallions and mares of the Hanoverian breed have been obtained in the Republican Center for Olympic Training of Equestrian Sports and Horse Breeding of the Minsk district.

The reproductive traits of the producing stock of this breed have been evaluated. It has been revealed that all stallions used in selection have good reproductive performance. The foal crop in the investigated breeding farms is high enough from 76.5 to 100.0%. These indicators are optimal and meet the normative requirements.

In general, it is clear that the reproductive performance of stud mares of the Hanoverian breed should be improved, therefore, the issues including the analysis of hereditary conditionality, individual characteristics of mares and stallions selected for mating, the observance of technological processes in feeding and maintenance are of importance today.

The findings of the research can be used in the practice of pedigree horse breeding for further improvement of the Hanoverian horse breed in the republic in accordance with up-to-date requirements of riding horse breeding.

Список литературы. 1. Рейтинг студбуксов Всемирной федерации разведения спортивных лошадей (WBFSH) на 2023 год [Текст : электронный]. – URL: <https://www.wbfs.com/studbook-rankings>. 2. Киборт, М. И. История и актуальные проблемы отечественного спортивного коннозаводства и конного спорта / М. А. Киборт, А. А. Николаева, Н. Ю. Филипова // Коневодство и конный спорт. – 2019. – № 6. – С. 6–12. 3. Политова, М. А. Спортивные породы лошадей Европы / М. А. Политова. – Санкт-Петербург : СКИФИЯ, 2003. – 2016 с. 4. Инструкция по бонитировке племенных лошадей заводских пород / Главное управление государственной инспекции. – Москва, 1991. – 25 с. 5. Система оценки племенной (генетической) ценности лошадей разводимых в республике. – Жодино, 2018. – 19 с. 6. Рудак, А. Н. Параметры оценки селекционируемых признаков жеребцов и кобыл тракененской породы в племенных хозяйствах Республики Беларусь / А. Н. Рудак // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – Горки, 2024. – С. 3–10. 7. Герман, А. И. Влияние полиморфизма микросателлитных локусов ДНК лошадей верховых пород на их стрессоустойчивость / А. И. Герман // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – Горки, 2023 г. – С. 11–20. 8. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1973. – 327 с.

References. 1. Rejting studbuksov Vsemirnoj federacii razvedeniya sportivnyh loshadej (WBFSH) na 2023 god [Tekst : elektronnyj]. – URL: <https://www.wbfs.com/studbook-rankings>. 2. Kibort, M. I. Istoriya i aktual'nye problemy otechestvennogo sportivnogo konnozavodstva i konnogo sporta / M. A. Kibort, A. A. Nikolaeva, N. YU. Filipova // Konevodstvo i konnyj sport. – 2019. – № 6. – S. 6–12. 3. Politova, M. A. Sportivnye porody loshadej Evropy / M. A. Politova. – Sankt-Peterburg : SKIFIYA, 2003. – 2016 s. 4. Instrukciya po bonitirovke plemennyh loshadej zavodskih porod / Glavnoe upravlenie gosudarstvennoj inspekcii. – Moskva, 1991. – 25 s. 5. Sistema ocenki plemennoj (geneticheskoy) cennosti loshadej razvodimyh v respublike. – ZHodino, 2018. – 19 s. 6. Rudak, A. N. Parametry ocenki selekcioniruemykh priznakov zherebcov i kobyl trakenenskoj porody v plemennykh hozyajstvakh Respubliki Belarus' / A. N. Rudak // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. – Gorki, 2024. – S. 3–10. 7. German, A. I. Vliyanie polimorfizma mikrosatelitnyh lokusov DNK loshadej verhovyh porod na ih stressoustojchivost' / A. I. German // Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva. – Gorki, 2023 g. – S. 11–20. 8. Rokickij, P. F. Biologicheskaya statistika / P. F. Rokickij. – Minsk : Vyshejschaya shkola, 1973. – 327 s.

Поступила в редакцию 06.09.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-103-110
УДК 636.3.082(476)**ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОВЕЦ МЯСО-ШЕРСТНОГО И ШУБНО-МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЙ
ПРОДУКТИВНОСТИ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ****Семченко С.В. ORCID ID 0009-0000-6460-4004, Герман Ю.И. ORCID ID 0000-0002-1549-8599**
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»,
г. Жодино, Республика Беларусь

*В настоящее время развитие отрасли овцеводства приобретает большое значение, т.к. спрос на мировом рынке на мясо и шерсть постоянно растет. В связи с этим необходимо совершенствовать племенные качества животных и методы их оценки при одновременном повышении качества получаемой продукции от овец разного направления продуктивности. В статье представлены материалы исследований, целью которых стало изучение фенотипических особенностей овец мясо-шерстного и шубно-мясного направлений продуктивности белорусской селекции. Полученные в ходе исследований данные по фенотипическим и продуктивным показателям овец мясошерстных и шубно-мясной пород белорусской селекции предложены для практического использования в качестве отправной точки работ по повышению результативности селекционной работы. **Ключевые слова:** генотип, фенотип, корреляция, экстерьер, племенной молодняк, овцепоголовье, бараны-производители, овцематки, индекс племенной ценности (ИПЦ).*

**PHENOTYPIC FEATURES OF SHEEP OF MUTTON-WOOL AND COAT-MUTTON
PRODUCTIVITY DIRECTIONS OF BELARUSIAN SELECTION****Semchenko S.V., Herman Yu.I.**
RUE "Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding",
Zhodino, Republic of Belarus

*Currently, the development of the sheep industry is becoming very important, as the demand for meat and wool on the world market is constantly growing. In this regard, it is necessary to improve the breeding qualities of animals and methods of their assessment while simultaneously increasing the quality of products received from sheep of different productivity directions. The article presents research materials aimed at studying the phenotypic characteristics of sheep in the mutton-wool and coat-mutton directions of productivity of Belarusian breeding. The data obtained in the course of research on the phenotypic and productive indicators of sheep of mutton-wool and coat-mutton breeds of Belarusian breeding are proposed for practical use as a starting point for improving the effectiveness of breeding work. **Keywords:** genotype, phenotype, correlation, exterior, breeding young, sheep, sheep-producing sheep, sheep-breeding value index (CPI).*

Введение. В современных условиях тенденции в развитии овцеводства в мировой практике и Республике Беларусь определяются главным образом востребованностью и конкурентоспособностью получаемой продукции. Основными экономически выгодными видами продукции овцеводства являются мясо и шерсть при сопутствующем получении овчин и молока, спрос на которые на мировом рынке постоянно растет. Анализ литературных данных научных исследований за последние годы по отдельным направлениям в овцеводстве свидетельствуют о поисках путей совершенствования племенных качеств, продуктивности животных и методов их оценки при одновременном повышении качества получаемой продукции от овец разного направления продуктивности.

Не секрет, что краеугольным камнем в достижении высоких вышеперечисленных продуктивных показателей является племенная работа с поголовьем. Обязательным элементом селекционных мероприятий является оценка баранов-производителей по качеству потомства. От точности оценки зависит эффективность селекционного процесса на основе отбора производителей. Систематическая оценка баранов-производителей позволяет использовать для репродукции животных, которые гарантированно дают потомство лучшего качества в зависимости от выбранного направления селекции [7, 8].

В связи со сложившейся экономической ситуацией в республике, необходимостью импортозамещения в овцеводстве и, прежде всего, обеспеченностью продукцией овцеводства перерабатывающих предприятий страны по поручению Главы государства активизировалось развитие данной отрасли. Для этого была разработана и принята к выполнению «Республиканская программа развития овцеводства на 2013–2015 годы», разработан «Комплекс мер по развитию овцеводства в Республике Беларусь на 2019–2025 годы» [1, 2].

Целью исследований стало изучение фенотипических особенностей овец мясо-шерстного и шубно-мясного направлений продуктивности белорусской селекции.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательские работы проводились в базовых хозяйствах с различной формой собственности: РУП «Витебское племпредприятие» (г. Витебск), ОАО «Жеребковичи» Ляховичского, КФХ «Виллия-агро» Кобринского, КСУП «Хвиневици» Дятловского, ИООО «Истрен Шип» Логойского районов.

Объектом исследований являлись чистопородные животные в сформированных селекционных стадах овец мясо-шерстного направления продуктивности пород: суффолк – 130 голов, ильде-франс – 170, прекос – 80, тексель – 105, мериноландшаф – 110 голов и шубно-мясного направления продуктивности – романовская – 55 голов. Работа выполнялась путем сбора и анализа результатов племенного и хозяйственного учета, зоотехнической оценки. В формируемые селекционные группы отобраны бараны-производители и овцематки, отвечающие минимальным требованиям к показателям продуктивности овец мясо-шерстных и шубно-мясной пород белорусской селекции. Предмет исследований – фенотипические особенности чистопородных овец мясо-шерстного и шубно-мясного направлений продуктивности белорусской селекции.

Для сравнительного изучения шубных качеств были отобраны племенные полновозрастные животные и молодняк разных генеалогических групп романовской породы овец. Все животные находились в одинаковых условиях содержания и кормления. Оценка шубных качеств была проведена согласно «Зоотехническим правилам оценки овец шубно-мясной породы белорусской селекции» [3].

В ходе исследований были изучены прижизненные показатели длины шерсти, величины завитка, густоты шерсти, уравниности шерсти по руну, наличие переходных волокон, оброслость брюха, была определена группа овчин. Изучены шубные показатели при убое животных: площадь овчин, масса парных овчин, толщина кожи, длина шерсти. Наличие пороков определяли органолептически на парных овчинах.

Оценка шубных качеств у овец проводилась в возрасте 6, 8 и 12 месяцев у полновозрастных животных и животных через 3,5 месяца после стрижки.

Длина ости и пуха определяется в развернутой шерсти на боку линейкой с точностью до 0,5 см, в расправленном без вытягивания состоянии. Длина шерсти при жизни животного определяется по линии бочка. На овчинах измерение производили по линии, расположенной на расстоянии 1/2 ширины от линии хребта и 2/3 от края овчины (полы).

Тонина ости и пуха определялась визуально на бочке животных с использованием эталонов. Тонина волокон определялась глазомерно, в развернутом руне на бочке, с точностью до 1 мкм по волокнам преобладающей тонины, для этого пользовались эталонами тонины. Густота шерсти определялась на основных частях руна: бок, спина, лопатка, брюхо. Оценка густоты шерсти производилась визуально по ширине кожного шва. Если при развороте ширина кожного шва составляет до 2 мм, шерсть оценивается как густая, если ширина кожного шва 2-3 мм – шерсть по густоте удовлетворительная, при ширине кожного шва более 3 мм густота шерсти оценивается как редкая.

Соотношение количества ости и пуха определяют глазомерно на боку по цвету развернутого руна. Уравниность определяется глазомерно по однородности цвета развернутой шерсти, по наружному завитку на лопатке, бочке и ляжке. Площадь овчин определяют в квадратных дециметрах умножением длины овчины от верхнего края шеи до основания хвоста на ширину, измеряемую по линии на 3-4 см ниже впадин передних лап. Масса овчин определялась путем взвешивания парной овчины на электронных весах. Общая толщина кожи изучалась на вертикальных срезах кожи под микроскопом. Измерение общей толщины кожи проводилось при увеличении: окуляр х 7, объектив х 8. Измерение толщины кожи проводилось по 10 измерениям с каждого образца.

По полученным результатам оцениваемых признаков были рассчитаны средние показатели с ошибкой средней величины и коэффициент вариации и произведена балльная оценка с последующим их ранжированием соответствующему определенному комплексному индексу племенной ценности животного в процентах [4, 8].

Результаты исследований. Большое внимание в селекции уделяется изучению телосложения разводимых животных, т.к. по нему можно прогнозировать уровень продуктивности, конституцию и крепость здоровья животных [5, 6].

Установлено, что одним из факторов, определяющих породную принадлежность овец, являются их фенотипические признаки, по которым животных относят к различным направлениям продуктивности. К таким признакам относят: экстерьер, конституцию, интерьерные особенности, кондиции овец и т.д. Необходимо добавить, что соотношение массы частей тела, органов и тканей у овец разного направления продуктивности также неодинакова (таблица 1).

Таблица 1 – Соотношение массы частей тела, органов и тканей, % живой массы

Показатели	Направление продуктивности		
	шерстное	мясное	молочное
Туша и внутренний жир	41,5	59,6	36,0
Мясо без костей	20,0	43,7	25,0
Кости и голова	15,0	8,7	12,0
Кожа сырая	12,9	6,2	7,0
Все внутренности	37,0	18,6	50,6

Из представленных данных видно, что у овец шерстного направления продуктивности, по сравнению с овцами мясного и других направлений продуктивности, тяжелее кожа и костяк. На долю кожи и костяка у овец шерстного направления продуктивности приходится 27,9% живой массы, в то время как у овец молочного направления продуктивности - 19%, а у мясного - 14,9%. И наоборот, мышечная ткань и подкожная клетчатка у овец шерстного направления продуктивности развиты значительно слабее, чем у мясного и даже молочного направления продуктивности. Известно, что фенотипическое развитие мясошерстных пород отличается своей индивидуальностью, в связи с чем были проведены исследования на баранах и матках белорусской селекции по показателям экстерьерного развития и шерстным качествам. Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Для оценки полученных результатов применялись «Зоотехнические правила оценки овец полутонкорунных пород белорусской селекции», утвержденные Минсельхозпродом РБ 23 марта 2023 года (№09-1-8/2). Установлено, что по такому важному показателю, как живая масса баранов-производителей указанных пород она оказалась выше на 1,33-5,30 кг параметров ранга «ценные» (ИПЦ 85-100%). Отмечено снижение данного показателя в породе суффолк, разводимой в КФХ «Виллия-агро» на 0,85 кг и на 1,15 кг у животных породы тексель из КСУП «Хвиневичи». По высоте в холке производители отвечали породному стандарту за исключением баранов породы мериноландшаф – минус 1,8 см. По обхвату пясти все бараны оказались ниже стандарта породы на 0,3-0,9 см; по обхвату груди, длине туловища, высоте в крестце, глубине и ширине груди снижения не выявлено – все животные отвечали минимальным требованиям полутонкорунных пород. На 0,7 кг шерсти настрижено меньше с баранов породы мериноландшаф, а суффолки, тексели, иль-де-франсы соответствовали рангу «ценные» по данному показателю. По показателю длины шерсти у баранов-производителей опытных пород отклонений не выявлено. Следует отметить, что живая масса является суммарным показателем, характеризующим накопление тканей тела у растущих откармливаемых животных. В связи с этим наиболее полную информацию, необходимую для выполнения научно-хозяйственных опытов, получают по средней величине при взвешивании группы животных. Поэтому аналогичные исследования на овцематках показали снижение живой массы в породе тексель на 2,68-4,18 кг; в породе суффолк – на 3,60-5,30 кг, из них сформировали группы маток с рангом «полезные» (ИПЦ 65-84%). Однако выявлено увеличение живой массы в породах иль-де-франс, мериноландшаф на 1,55 кг и 1,48 кг соответственно.

При изучении продуктивных качеств овец (настрига и длины шерсти) также выявлены как положительные, так и отрицательные результаты, а именно: в породе тексель РУП «Витебское племпредприятие» у баранов и маток снижение настрига шерсти составило 0,20 и 0,15 кг при увеличении длины шерсти на 0,21 и 0,35 см соответственно; в КСУП «Хвиневичи» снижение настрига составило 0,37 и 0,20 кг при снижении длины шерсти у баранов на 0,15 см и увеличении ее у маток на 0,25 см. По продуктивным качествам в породе иль-де-франс, разводимой в ИООО «Истрен Шип», установлены положительные показатели у баранов-производителей плюс 0,15 кг и 1,20 см, у маток – соответственно 0,10 кг и 1,02 см. В породе мериноландшаф настриг шерсти оказался ниже на 0,67 и 0,45 кг при увеличении длины шерсти на 0,60 и 0,45 см. Следует подчеркнуть, что из всех опытных пород овцы породы суффолк, разводимой в РУП «Витебское племпредприятие» и КФХ «Виллия-агро», оказались наименее восприимчивыми к кормовому фактору, при этом имели положительные показатели продуктивных качеств: по настригу шерсти у баранов и маток установлено увеличение на 0,12-0,25 кг и на 0,38-0,42 кг. Длина шерсти увеличилась на 1,05-1,12 см и на 1,13-1,25 см соответственно. В целом баранов-производителей, имевших установленные положительные показатели продуктивности, согласно зоотехническим правилам оценки полутонкорунных пород определили к рангу «ценные» (ИПЦ 85-100%), с отрицательными показателями их выбраковывали (выранжировывали) из племсостава. Аналогичные алгоритмы и по овцематкам, но при наличии отрицательных показателей их не выбраковывали, а формировали в группы с рангом «полезные» (ИПЦ 65-84%). Исследования экстерьерно-конституционального развития овец показали, что бараны изучаемых пород соответствовали рангу «ценные» (ИПЦ 85-100%). Следует отметить, что 22 барана (29,0%) с индексом племенной ценности 101 и более были причислены к рангу «лучшие». Что касается овцематок анализируемых пород, то практически все они отвечали рангу «лучшие» (ИПЦ 101% и более), и только 48 голов (40%) были отнесены к рангу «ценные». Можно заключить, что овцы исследуемого поголовья соответствовали минимальным требованиям к оценке линейно-ростовых параметров производящего состава овец полутонкорунных пород белорусской селекции.

Развитие шубно-мясной романовской породы в условиях Беларуси обусловлено ее высокими воспроизводительными качествами при использовании в селекционной работе по улучшению показателя плодовитости. За отчетный период были изучены линейно-ростовые показатели и показатели шубной продуктивности романовских овец племенного стада РУП «Витебское племпредприятие», представленные в таблице 4.

Таблица 2 – Показатели фенотипического развития баранов-производителей полутонкорунных пород овец белорусской селекции

Показатели	Живая масса, кг	Высота в холке, см	Обхват груди, см	Длина туловища, см	Обхват пясти, см	Высота в крестце, см	Глубина груди, см	Ширина груди, см	Настриг шерсти, кг	Длина шерсти, см
порода тексель, n=4, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	81,33 ±2,32	74,50±0,52	93,21±1,43	82,18 ±1,35	8,66±0,52	75,12 ±0,48	28,32±0,58	23,67±0,47	3,30±0,58	9,21±0,22
V±Ve	8,18 ±1,52	3,81 ±0,85	5,22 ±1,71	4,37 ±0,74	6,60±2,47	3,81±0,47	4,84±0,71	5,17±0,48	1,80±0,85	1,32±0,46
порода иль-де-франс, n=15, ИООО «Истерн Шип»										
M±m	95,30±1,97	77,20±0,86	105,08±1,38	90,03±0,45	10,77±0,18	78,80±0,37	35,26±0,41	25,70±0,33	4,15±0,43	9,20±0,24
V±Ve	7,26±1,48	3,25 ±0,73	4,77 ±1,05	2,58 ±0,86	6,48±1,32	3,45±0,53	6,00±0,82	6,64±0,90	2,14±0,39	1,48±0,33
порода меринolandшаф, n=20, ОАО «Жеребковичи»										
M±m	98,76±2,74	88,22 ±2,48	103,88±1,17	98,82 ±1,74	10,68±0,38	89,28±2,76	34,13±0,37	23,42±0,18	3,83±0,78	10,60±0,47
V±Ve	9,47±2,38	9,38 ±2,17	4,37 ±0,64	6,38 ±1,48	6,27±1,49	8,36 ±2,25	7,79±0,80	6,82±0,68	2,07±0,86	1,87±0,44
порода суффолк, n=9, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	82,58±1,67	75,10 ±0,89	96,60 ±0,65	86,63 ±1,43	9,77 ±0,26	76,36±0,59	32,18±0,47	23,67±0,75	3,25±0,74	9,12±0,65
V±Ve	5,28±1,15	3,74 ±0,84	3,26 ±0,74	3,79 ±0,87	6,80 ±1,54	3,58 ±0,84	5,31±0,34	5,88±0,89	1,67±0,48	1,26±0,39
порода суффолк, n=13, КФХ «Виллия-агро»										
M±m	79,15±1,79	73,30 ±1,15	94,18 ±1,63	84,63 ±1,29	9,53 ±0,26	74,50±1,28	32,04±0,13	22,31±0,66	3,12±0,66	9,05±0,62
V±Ve	6,73±1,76	4,94±1,11	4,36 ±0,94	4,41 ±0,93	6,46±1,52	4,64±1,31	6,83±0,64	5,27±0,49	1,84±0,38	1,15±0,27
порода тексель, n=15, КСУП «Хвиневичи»										
M±m	78,85±2,48	73,21 ±0,84	92,90 ±0,43	81,22 ±1,14	9,16 ±0,38	74,38±0,56	30,32±0,57	21,17±0,35	3,13±0,77	8,85±0,22
V±Ve	8,15 ±2,45	3,28±0,88	2,83 ±0,74	3,67 ±0,79	6,24 ±1,59	3,43±0,81	5,43±0,65	5,77±0,29	1,25±0,56	1,33±0,38

Таблица 3 – Показатели фенотипического развития овцематок полутонкорунных пород овец белорусской селекции

Показатели	Живая масса, кг	Высота в холке, см	Обхват груди, см	Длина туловища, см	Обхват пясти, см	Высота в крестце, см	Глубина груди, см	Ширина груди, см	Настриг шерсти, кг	Длина шерсти, см
порода тексель, n=10, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	62,32±1,26	72,61 ±1,92	83,22±1,43	80,28 ±1,38	8,66±0,74	75,32 ±0,57	30,38±0,67	22,37±0,65	2,35±0,56	8,35±0,12
V±Ve	8,21±1,69	4,23±0,58	6,22 ±1,61	4,22 ±0,76	8,63±2,47	3,43±0,65	5,81±0,74	5,77±0,59	1,74±0,55	1,20±0,36
порода иль-де-франс, n=25, ИООО «Истерн Шип»										
M±m	66,48±1,63	74,38±0,46	97,18±1,56	90,03±0,45	10,13±0,28	75,20±0,43	32,04±0,47	23,62±0,38	3,60±0,78	8,02±0,64
V±Ve	8,36±1,48	5,05±0,63	4,27 ±1,15	2,58 ±0,86	5,42±1,38	3,47 ±0,68	6,14±0,62	6,84±0,93	2,54±0,69	1,78±0,83
порода мериноландшаф, n=25, ОАО «Жеребковичи»										
M±m	71,45±1,64	80,36 ±2,15	93,80±1,27	91,42 ±1,56	10,05±0,71	81,68±2,86	34,24±0,34	23,72±0,28	3,55±0,78	9,45±0,47
V±Ve	12,51±1,82	8,75 ±1,63	4,37 ±0,64	6,38 ±1,48	6,17±1,39	8,36 ±2,25	7,79±0,80	6,82±0,68	2,17±0,86	1,67±0,44
порода суффолк, n=10, РУП «Витебское племпредприятие»										
M±m	61,40±1,28	73,10 ±0,69	81,60±0,65	81,61 ±1,43	8,82 ±0,26	74,77±0,59	28,18±0,47	22,67±0,72	2,42±0,48	8,25±0,71
V±Ve	11,48±1,77	5,74 ±0,84	3,26 ±0,74	3,79 ±0,87	6,80 ±1,54	3,58 ±0,84	5,31±0,34	5,81±0,89	1,67±0,48	1,22±0,34
порода суффолк, n=25, КФХ «Виллия-агро»										
M±m	59,70±1,59	70,30 ±1,18	80,18±1,70	80,63 ±1,49	8,63 ±0,26	71,50±1,38	28,04±0,33	21,31±0,70	2,38±0,61	8,13±0,62
V±Ve	6,70±1,65	4,90±1,17	4,41 ±0,82	4,45 ±0,93	6,40±1,57	4,64±1,35	6,72±0,64	5,27±0,42	1,84±0,38	1,25±0,24
порода тексель, n=25, КСУП «Хвиневиичи»										
M±m	60,82±2,18	68,38 ±0,88	82,90±0,56	77,62 ±1,24	8,56 ±0,58	69,38±0,51	28,35±0,52	21,87±0,65	2,30±0,67	8,25±0,28
V±Ve	6,35±2,45	4,28±0,65	2,83 ±0,77	3,61 ±0,59	6,44 ±1,39	3,23±0,74	5,53±0,85	5,68±0,41	1,32±0,46	1,37±0,34

107

Таблица 4 – Показатели фенотипического развития и шерстной продуктивности производящего состава шубно-мясной породы белорусской селекции

Показатели	Живая масса, кг	Высота в холке, см	Обхват груди, см	Косая длина туловища, см	Обхват пясти, см	Высота в крестце, см	Глубина груди, см	Ширина груди, см	Настриг шерсти, кг	Длина ости, см	Длина пуха, см	Тонина ости, мкм	Тонина пуха, мкм
бараны, романовская порода, n=4, РУП «Витебское племпредприятие»													
M±m	88,60±2,13	69,3±0,62	94,4±0,32	73,2±0,38	9,1±0,29	71,7±0,60	37,3±0,32	28,2±0,41	3,4±0,41	3,8±0,14	6,8±0,11	89,1±0,13	27,4±0,11
V±Ve	24,05±4,79	23,07±4,59	24,11±4,80	26,45±5,26	24,89±4,95	25,76±5,13	28,15±5,60	24,65±4,90	26,24±5,22	26,82±5,37	25,91±5,16	24,37±4,85	24,73±4,92
овцематки, романовская порода, n=20, РУП «Витебское племпредприятие»													
M±m	68,25±2,31	66,2±0,42	93,2±0,34	71,2±0,58	8,0±0,20	68,11±0,54	36,0±0,42	27,5±0,33	2,4±0,45	3,6±0,11	5,8±0,13	83,3±0,12	26,2±0,12
V±Ve	16,21±3,23	14,87±2,96	16,17±3,22	15,22±3,03	16,35±3,25	22,19±4,42	20,68±4,11	18,89±3,76	18,95±3,97	21,78±4,33	19,74±3,92	16,66±3,32	18,68±3,72

Полученные результаты фенотипических показателей овцематок и баранов романовской породы овец племенного стада РУП «Витебское племпредприятие» указывают на гармоничное развитие животных и соответствие их показателям породы. По живой массе бараны и овцематки в среднем превышали показатели, определяемые как минимальные требования к породе, на 20,9 и 19,3% соответственно. В среднем показатели фенотипического развития как баранов, так и овцематок по основным промерам оказались на 0,6-4,2 см выше минимальных требований показателей породы при оценке животных желательного типа.

По высоте в холке бараны превышают минимальный показатель для шерстно-мясной породы на 6,5%. Обхват груди у баранов был выше на 2,6%, у маток - на 2,4%. Обладая крепким телосложением, бараны по обхвату пясти превосходили минимальные требования ранга ценные на 7%, овцематки - 8%. Показатели маток по основным промерам выше минимальных требований для шубно-мясной породы, что указывает на хороший уровень их развития.

Годовой настриг шерсти, полученный от баранов, составляет в среднем 3,4 кг, от маток - 2,8 кг, что выше минимальных требований по данному показателю для ценных баранов романовской породы на 13,3% и маток – на 20%. Показатели длины ости и пуха как у баранов, так и у маток в среднем составили 3,8 и 6,8 см и 3,6 и 5,8 см соответственно. Тонина пуха и ости у изученных животных соответствовала минимальным требованиям продуктивности овец шубно-мясного направления.

Коэффициент вариации отражает разнообразие животных по тому или иному признаку, или свойству в популяции. С его помощью можно судить, насколько показательно усредненное значение и можно ли по нему судить о выборке в целом. Если показатель вариации превышает 33,0 %, то выборка считается неоднородной и судить о ней по средним показателям нельзя.

При незначительном разбросе достоверность средних показателей будет максимальной. Расчет коэффициента вариации для изученной выборки указывает на среднее отклонение в разнообразии животных по изучаемым признакам.

Для оценки пропорциональности телосложения, выраженности, относительно друг к другу, различных частей тела, типичности животного был произведен расчет индексов телосложения, представленный в таблице 5.

Таблица 5 – Индексы телосложения овец романовской породы, %

Индексы телосложения	Бараны	Овцематки
Длинноногости, %	46,22±3,75	45,5±3,91
Растянутости, %	105,63±7,45	107,58±9,11
Грудной, %	75,62±6,89	76,39±7,12
Сбитости, %	128,97±8,43	130,87±9,69
Костистости, %	13,20±0,72	12,09±0,89

Полученные величины индексов баранов указывают на соответствие их развития требованиям породы. Полученные результаты расчета индексов телосложения указывают на относительную низкорослость овцематок. Индекс растянутости овцематок указывает на более хорошее развитие соотношения длины тела с высотой по сравнению с баранами. Индексы овцематок по сравнению с баранами указывают на более выраженные показатели, характерные для животных мясных пород.

Одной из составляющих оценки романовской породы по фенотипу является оценка по показателям шубных качеств. Шубные свойства овчин романовских овец считаются непревзойденными в мировой практике овцеводства и обусловлены удачным соотношением пуха и ости по длине и количеству, легкостью и прочностью мездры. Основная селекционная работа с породой по сохранению этих свойств направлена на отбор особей с хорошо уравненным шерстным покровом по руну, высокой оброслостью брюха шерстью, отсутствием перерастающих пух переходных волокон в шерстном покрове и определении группы овчин.

Шубные качества овчин учитывают количественные и качественные показатели шерсти и кожной ткани. Основными показателями, определяющими качество получаемых овчин, являются показатели шерстного покрова овчин.

Шерсть романовских овец имеет четко выраженную зону черных остевых волокон и зону перерастающего по длине над остью пуха светло-серого цвета с оттенком голубизны в общей массе шерсти. Данные показателей длины и тонины шерстных волокон разных половозрастных групп овец приведены в таблице 6.

Длина шерстных волокон разных фракций у животных в зависимости от пола и возраста имеет различия, обусловленные скоростью роста и половым различием особей. Так, наибольшая длина остевых и пуховых волокон была установлена у баранов, по которым они превосходили овцематок соответственно на 5,6 и 14,0%. Длина шерстных волокон баранчиков в возрасте 12 месяцев имеет аналогичные различия по сравнению с ярочками того же возраста. Длина остевых и пуховых волокон по всем половозрастным группам животных соответствует минимальным требованиям романовской породы. Так, длина пуха в среднем превышает ость на 2,7-2,3 см у баранов и баранчиков и на 2,5-2,1 см – у маток и ярок. Перерослость пуха над остью в среднем соответствует или превышает на 8% у баранов минимальные показатели для животных с оценкой «лучшие». При изучении тонины пуха и ости было установлено, что они соответствуют требованиям породы.

Таблица 6 – Показатели шерстной продуктивности овец романовской породы белорусской селекции

Показатели	Длина ости, см	Длина пуха, см	Тонина ости, мкм	Тонина пуха, мкм
Бараны, n=16				
M±m	3,8±0,30	6,5±0,49	89,4±7,5	27,5±2,37
Cv±m	7,9±0,6	7,5±0,5	8,4±0,6	8,6±0,7
Овцематки, n=44				
M±m	3,6±0,28	5,7±0,65	83,3±9,04	24,2±2,64
Cv±m	7,8±0,5	11,4±0,9	10,9±0,9	10,9±0,8
Баранчики 12 мес., романовская порода, n=18				
M±m	3,6±0,27	6,1±0,68	87,1±8,23	26,4±2,43
Cv±m	7,5±0,6	11,5±1,0	9,44±0,7	9,2±2,43
Ярочки 12 мес., n=34				
M±m	3,3±0,25	5,4±0,71	80,1±9,56	23,6±2,12
Cv±m	7,8±0,5	13,2±1,1	11,9±0,9	9,0±0,7
Ягнята 6 мес., n=36				
M±m	3,1±0,26	6,5±0,41	79,1±8,16	21,3±2,41
Cv±m	8,4±0,7	6,3±0,5	10,3±0,8	11,3±1,0

Заключение. Полученные данные по фенотипическим и продуктивным показателям овец мясо-шерстных и шубно-мясной пород белорусской селекции предложены для практического использования в качестве отправной точки работ по повышению результативности селекционной работы с данной породой и активизации селекционного процесса в овцеводстве, имеют теоретическую и практическую значимость и будут востребованы как для специалистов племенной службы сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь, так и для преподавателей, студентов сельскохозяйственных учебных заведений.

Conclusion. The obtained data on the phenotypic and performance indicators of sheep of mutton-wool and coat-mutton breeds of Belarusian selection are proposed for practical use as a starting point for improving the effectiveness of breeding work with these breeds and activating the breeding process in sheep breeding, have theoretical and practical significance and will be in demand both for specialists of the breeding service of agricultural industries of the Republic of Belarus, and also for teachers, students of agricultural educational institutions.

Список литературы. 1. Республиканская программа развития овцеводства на 2013–2015 подп. – 2013. – С. 1–11. 2. Комплекс мер по развитию овцеводства в Республике Беларусь на 2019–2025 годы : постановление Совета Министров РБ, 07.08.2019 г., № 524. – С. 1-12. 3. Племенное животноводство. – Москва, 2015. – 29 с. 4. Зоотехнические правила оценки овец полутонкорунных пород / Ю. И. Герман, М. А. Горбуков, В. И. Чавлытко [и др.]. – Жодино, 2019. – 30 с. 5. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Высшая школа, 1973. – 327 с. 6. Селекционно-генетические основы повышения продуктивности овец / А. И. Ерохин, Е. А. Карасев, Ю. А. Юлдашбаев [и др.]. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 292 с. 7. Барышева, М. С. Использование индексной селекции при оценке баранов-производителей по качеству потомства / М. С. Барышева // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2021. – № 4. – С. 14. 8. Nicholas, A. Furlotte, Eleazar Eskin Efficient Multiple-Trait Association and Estimation Using the Matrix-Variate Linear Mixed Model / S. Nicolas // Genetic. – 2015. – Vol. 200. – P. 59–68. 9. Костылев, М. Н. Экстерьерные показатели овец романовской породы разных генеалогических групп / М. Н. Костылев, М. И. Абрамова, М. С. Барышева // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2022. – № 1. – С. 10. 10. Лобков, В. Ю. Биологические особенности овец романовской

породы / В. Ю. Лобков, А. Н. Белоногова, Д. Д. Арсеньев. – Ярославль, 2012. – 162 с.

References. 1. *Respublikanskaya programma razvitiya ovcevodstva na 2013–2015 podp.* – 2013. – S. 1–11. 2. *Kompleks mer po razvitiyu ovcevodstva v Respublike Belarus' na 2019–2025 gody : postanovlenie Soveta Ministrov RB, 07.08.2019 g., № 524.* – S. 1-12. 3. *Plemennoe zhivotnovodstvo.* – Moskva, 2015. – 29 s. 2. *Zootekhnicheskie pravila ocenki ovec polutonkorunnyh porod / YU. I. German, M. A. Gorbukov, V. I. CHavlytko [i dr.], – ZHodino, 2019. – 30 s. 3. Rokickij, P. F. *Biologicheskaya statistika / P. F. Rokickij.* – Minsk : Vyshejschaya shkola, 1973. – 327 s. 4. *Selekcionno-geneticheskie osnovy povysheniya produktivnosti ovec / A. I. Erohin, E. A. Karasev, YU. A. YUldashbaev [i dr.], – Sankt-Peterburg : Lan', 2021. – 292 s. 5. Barysheva, M. S. *Ispol'zovanie indeksnoj selekcii pri ocenke baranov-proizvoditelej po kachestvu potomstva / M. S. Barysheva // Ovcy, kozy, sherstyanoje delo.* – 2021. – № 4. – S. 14. 6. *Nicholas, A. Furlotte, Eleazar Eskin Efficient Multiple-Trait Association and Estimation Using the Matrix-Variate Linear Mixed Model / S. Nicolas // Genetic.* – 2015. – Vol. 200. – P. 59–68. 7. *Kostylev, M. N. Ekster'ernye pokazateli ovec romanovskoj породы raznyh genealogicheskikh grupp / M. N. Kostylev, M. I. Abramova, M. S. Barysheva // Ovcy, kozy, sherstyanoje delo.* – 2022. – № 1. – S. 10. 8. *Lobkov, V. YU. Biologicheskie osobennosti ovec romanovskoj породы / V. YU. Lobkov, A. N. Belonogova, D. D. Arsen'ev.* – YArosavl', 2012. – 162 s.**

Поступила в редакцию 18.10.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-4-111-115
УДК 619:576.895.421(476.5)

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ, ОБИТАЮЩИХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Хомченко Н.Г., Кушнерова А.Д.

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

*В статье приведены данные по видовому составу и динамике паразитирования наиболее распространенных видов иксодид на территории северо-восточного региона Республики Беларусь, указана их видовая идентификация и место каждого вида в иксодофауне. Изучено влияние физических факторов среды на процессы яйцекладки, эмбриогенеза и последующее развитие клещей. В лаборатории, при близких к оптимальным условиям температуры и влажности, получены фазы превращения из кладок яиц в личинок. При температуре 20–25°C эмбриональный период кладок яиц составил от 10 до 20 дней, а массовый выход личинок клещей проходил в среднем через 2–5 дней. Территория северо-восточного региона Республики Беларусь представлена двумя видами клещей, относящихся к семейству Ixodidae: Ixodes ricinus и Dermacentor reticulatus. **Ключевые слова:** иксодовые клещи, противоклещевые мероприятия, клещевые инфекции, трансмиссивные болезни, иксодофауна.*

THE INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE DEVELOPMENT OF IXODIC TICKS INHABITING THE NORTH-EASTERN REGION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Khomchenko N.G., Kushnerova A.D.

EE "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine", Vitebsk, Republic of Belarus

*The article presents data on the species composition and dynamics of parasitization of the most common ixodid species in the north-eastern region of the Republic of Belarus, their species identification and the place of each species in the ixodofauna are indicated. The influence of physical environmental factors on the processes of egg batching, embryogenesis and subsequent development of ticks has been studied. In the laboratory, in conditions of temperature and humidity close to optimal, the phases of transformation from batches of eggs into larvae were obtained. At a temperature of 20–25°C, the embryonic period of egg laying ranged from 10 to 20 days, and the mass release of tick larvae took place on average after 2-5 days. The territory of the north-eastern region of the Republic of Belarus is represented by two species of ticks belonging to the family Ixodidae: Ixodes ricinus and Dermacentor reticulatus. **Key words:** ixodid ticks, anti-mite measures, tick-born infections, transmissible diseases, ixodofauna.*

Введение. Климатическая нестабильность способна изменять жизнедеятельность биологических объектов, в том числе влиять на распространение и численность представителей паразитарных систем. Как в медицине, так и в ветеринарии огромное внимание уделяется изучению особенностей жизнедеятельности переносчиков и резервуаров возбудителей инфекционных и инвазионных болезней – иксодовых клещей [8].

Изучение распространения иксодид, особенностей их биологии и паразитирования является актуальным и представляет интерес как для практических ветеринарных специалистов, так и для научных сообществ [1].

Иксодовые клещи наносят большой вред, вызывая тяжелые воспаления кожи, исхудание и снижение продуктивности у сельскохозяйственных животных [4, 7]. Укусы клещей опасны и для человека, так как некоторые из них являются переносчиками клещевого энцефалита, туляремии, клещевых риккетсиозов и других инфекций. Поэтому определение родовой и видовой принадлежности клещей, паразитирующих на сельскохозяйственных животных, важно для принятия правильных и своевременных мероприятий по предупреждению распространения пироплазмидозных и других болезней [6].

Большую часть жизни иксодовые клещи проводят в природе, вне тела хозяина. Сбор голодных клещей в природе дает возможность наиболее точно определять места обитания того или иного вида и его численное распространение на территории. Материалы, полученные на основании сбора клещей в природе, являются наиболее исчерпывающими по сезону паразитирования и развитию клеща, а также по определению места возникновения болезней [3]. Из клещей рода *Ixodes* эпизоотологическое значение для Беларуси имеют два вида - *I. ricinus* и *I. persulcatus*. Из клещей рода *Dermacentor* – *D. reticulatus* [2, 9].

Цель работы – изучить видовой состав и динамику паразитирования наиболее распространенных видов иксодид на территории северо-восточной части Республики Беларусь, место каждого вида в иксодофауне, а также провести наблюдения за развитием клещей в лабораторных условиях для выяснения влияния физических факторов среды на процессы яйцекладки, эмбриогенеза и последующее развитие клещей.

Материалы и методы исследований. Материалом для наших исследований послужило изучение видового состава и учета численности иксодовых клещей в лесных массивах деревень Вядерено и Чановичи Бешенковичского района Витебской области. Рекогносцировочные обследования проводили в весенне-летне-осенний период методом их сбора на флаг из вафельной ткани размером 60x100 см с растительности в лесных биотопах вышеуказанных деревень.

За весь период исследования было собрано и исследовано на видовую принадлежность 590 экземпляров клещей, при этом учитывалась фаза их развития. Видовую принадлежность устанавливали при помощи микроскопа с использованием определителя клещей (Чикилевская И.В., 1998) [5].

Также проводили сбор половозрелых клещей с коров на молочно-товарных фермах деревень Вядерено и Чановичи Бешенковичского района Витебской области, учитывая при этом фазу развития и степень насыщения кровью, а также их видовую принадлежность. Всего осмотрено 100 коров, снято 395 экземпляров клещей на разных стадиях развития. Сытых самок отсаживали в пробирки для получения кладок яиц, собрано 85 самок клещей, от которых получено 64 кладки.

Результаты исследований. Наши фаунистические исследования территории Бешенковичского района Витебской области позволили выявить два вида иксодовых клещей, относящихся к семейству *Ixodidae*: *Ixodes ricinus* и *Dermacentor reticulatus*. Сбор иксодовых клещей проводили на площадках 1 км² согласно общепринятым методикам. Численность считали высокой при сборе более 30 экз. клещей на фл/ км, средней – 11-30, низкой – менее 10. Таким образом, наиболее массовым в иксодофауне оказался вид *Ixodes ricinus*, на долю которого в наших сборах приходится 81,60% (482 экз.). На втором месте по численности (18,30%) (108 экз.) стоит *Dermacentor reticulatus*. Доля *D. reticulatus* в сборах значительно ниже, вследствие ограниченного ареала этого вида (рисунок 1).

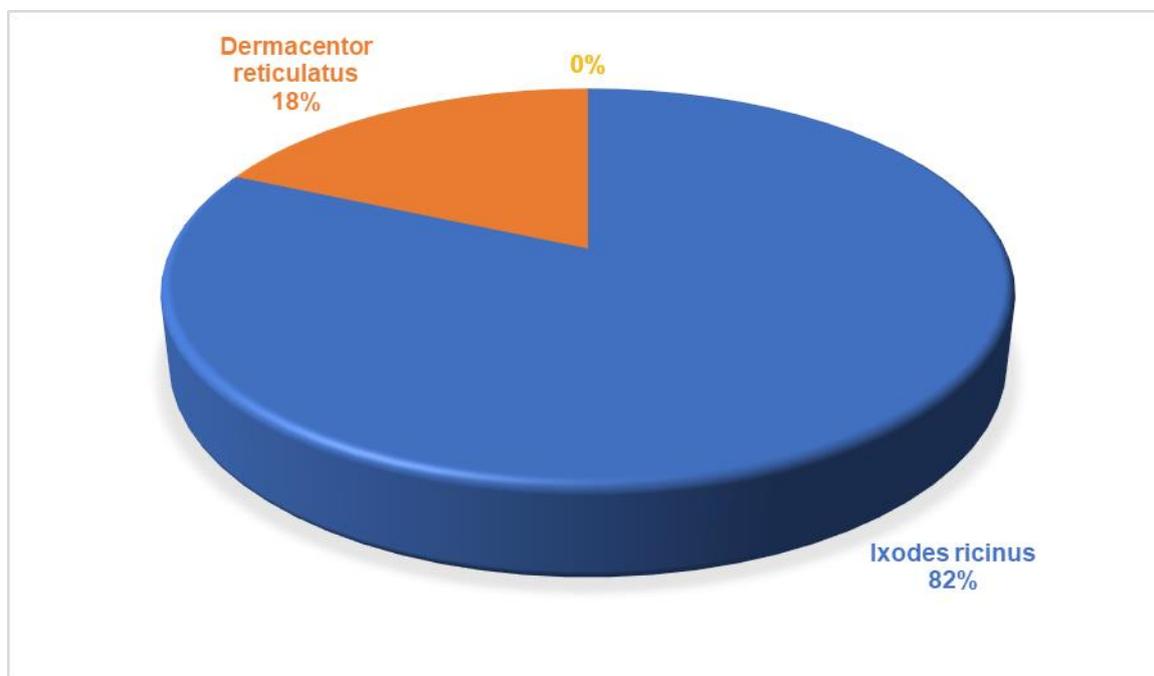


Рисунок 1 – Видовое разнообразие иксодовых клещей и их процентное соотношение

Полученные нами данные по каждому из наиболее распространенных видов сводятся к следующему: клещи вида *I. ricinus* были обнаружены во всех обследованных нами пунктах Бешенковичского района Витебской области, что дает основание считать распространение этого вида иксодид повсеместным. Максимальная заклещевленность установлена у коров, выпасающихся в стациях лиственных и хвойно-лиственных лесов (более 20 экземпляров на 1 голову).

Вид *D. reticulatus* является зональным и в силу своих экологических особенностей обладает довольно хорошо очерченным ареалом распространения. Стации обитания данного вида – залив-

ные луга, в кустарниковых биотопах и ольшаниках, а также встречаются в лесах, расположенных около водоемов. В лиственных и хвойно-лиственных лесах клещи этого вида не отмечались.

Подводя итоги о зональном распространении иксодовых клещей на территории северо-восточной части Республики Беларусь, следует отметить, что массовое нахождение отдельных видов иксодид приурочено к определенным географическим зонам. Так, *D. reticulatus* является единственным представителем рода *Dermacentor*.

Сбор клещей, проводимый в пастбищный период 2023 года, показал, что наиболее благоприятными для существования клещевых очагов являются низинные луга в 62,7% случаев. Значительно ниже заклещевленность оказалась на лугах, расположенных на возвышенных местах и склонах – 21,2%. Совсем незначительные показатели заклещевленности получены при обследовании травы и кустарников в 100–150 метрах вглубь леса – 16,1%. Маршрутные обследования лесных участков (на расстоянии 4–5 км от опушки) дали отрицательные результаты (рисунок 2).

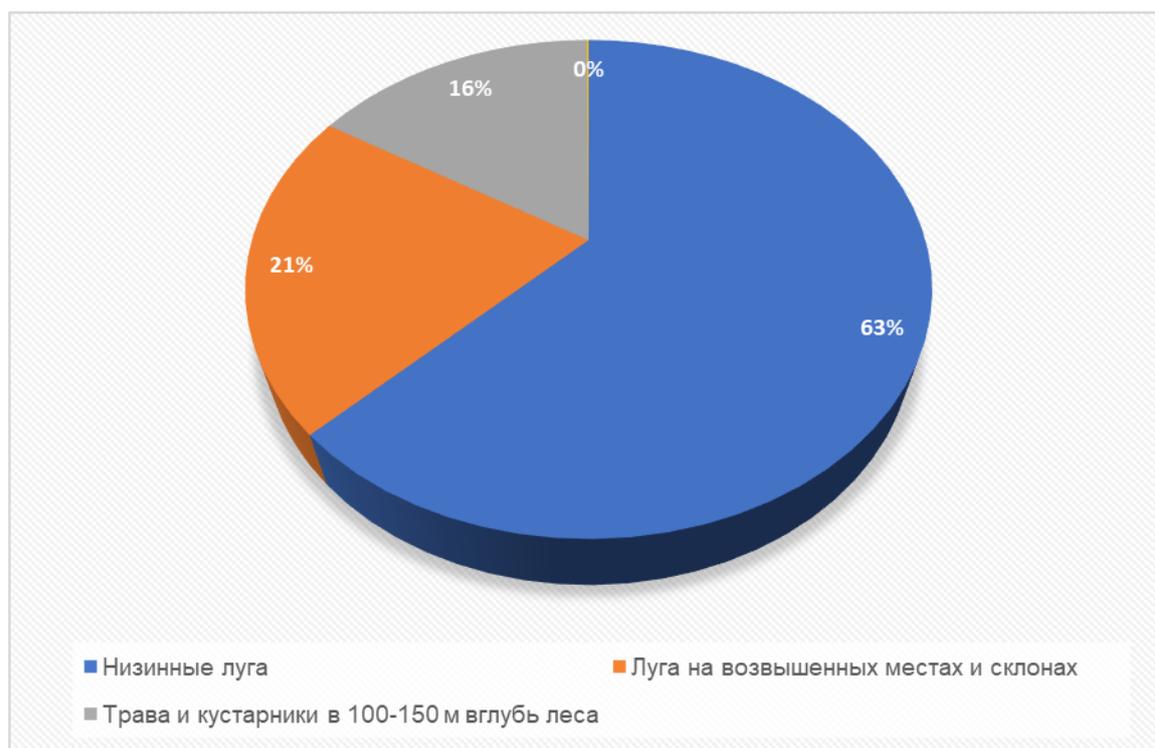


Рисунок 2 – Места обитания клещей

В первые дни пастбищного выпаса коров (10-15 мая) нами в основном была обнаружена незначительная численность иксодовых клещей на обследованных коровах (до 5 экземпляров на 1 голову). С 3-й декады мая по 3 декаду июня на коровах обнаружена максимальная численность клещей (более 20 экземпляров на 1 голову). С 1 декады июля по 3 декаду августа – минимальная заклещевленность коров (от 5 до 7 экземпляров на 1 голову). С 1 декады сентября по 3 декаду сентября нами наблюдалась вторая волна активности иксодид и нападение их на коров (от 15 до 20 экземпляров на 1 голову). Таким образом, сезонная заклещевленность крупного рогатого скота на территории Витебской области имеет два пика – весенний и осенний (рисунок 3).

Паразитирование клещей рода *Ixodes* и *Dermacentor* наблюдалось на коровах с высоким количеством питающихся на них имаго от 15 до 28 экземпляров на одном животном. В нашем случае решающую роль сыграл тот фактор, при котором коровы выпасались в кустарниковых биотопах, на низинных лугах и по опушкам леса. Те животные, которые не контактировали с лесом, а выпасались по суходолу, расположенному на склонах и на возвышенных местах, имели минимальную численность клещей (от 5 до 7 экземпляров на одно животное).

В лабораторных условиях нами проводились опыты для выяснения влияния физических факторов среды на процессы яйцекладки, эмбриогенеза и последующее развитие клещей. В пробирках с ватными пробками, при ежедневном открытии их на 1-2 минуты и с регулярным увлажнением воздуха посредством полоски фильтровальной бумаги, смачиваемой водой, при температуре 20°C самки клещей начинали яйцекладку через 8-12 суток после начала опыта. При той же влажности, но при температуре 25°C яйцекладка наступала через 6-8 суток.

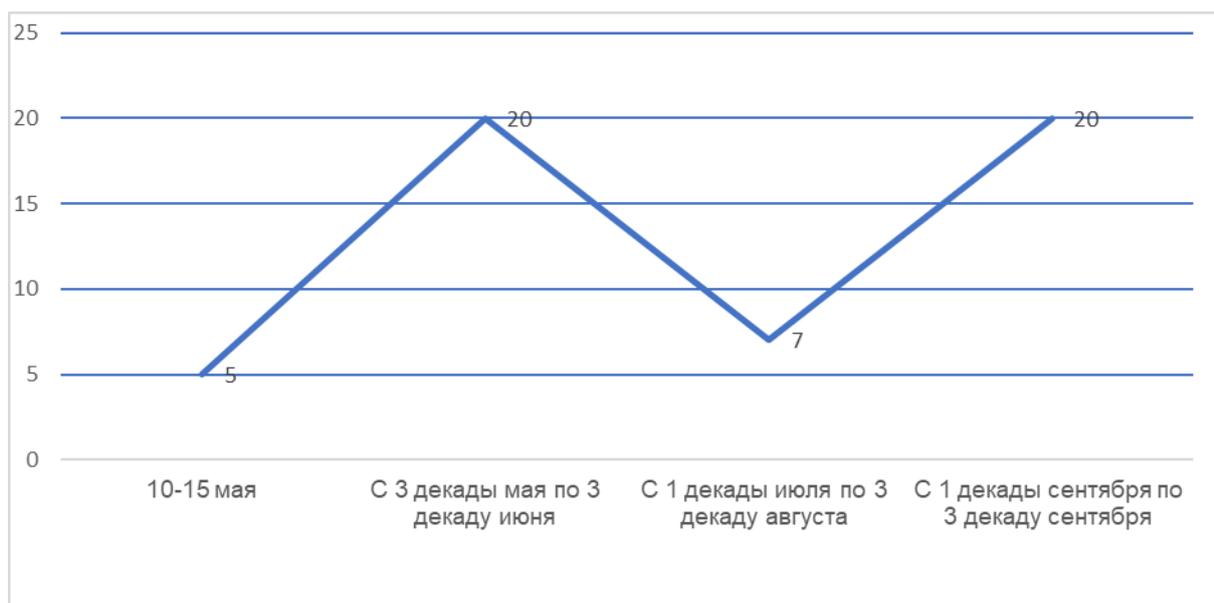


Рисунок 3 – Численность иксодовых клещей на животных

Продолжительность эмбрионального периода развития клещей при 20°C равнялась 18-20 дням, при 25°C она составила 10-12 дней. Характерны весьма сжатые сроки полного выхода личинок из яиц: при температуре 20°C все личинки вышли за 3-5 дней, при 25°C - за 2-4 дня (рисунок 4).

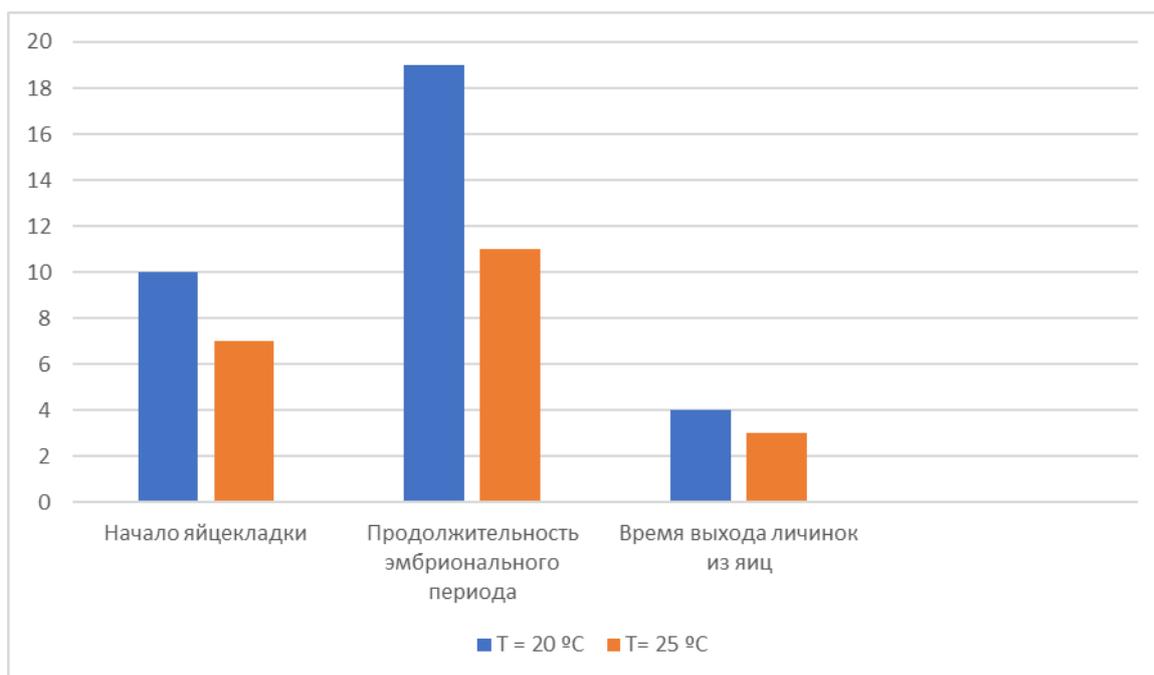


Рисунок 4 – Результаты проводимых опытов во временном эквиваленте

Как показали наблюдения, личинки, вышедшие из яиц, собираются кучками на стенках в нижней части пробирок. В таком состоянии при температуре воздуха 20-25°C и относительной влажности воздуха 50-60% они оставались пассивными в течение 15-17 дней, после чего начинали энергично двигаться при вынесении на свет. Личинки оставались жизнеспособными еще 45 дней после выхода их из яиц. На этой стадии развития наблюдения были прекращены.

Заключение. Таким образом, нами установлено, что ландшафтно-географические и климатические особенности Витебской области создают благоприятные условия для циркуляции возбудителей и переносчиков трансмиссивных инфекций. Фауна переносчиков представлена двумя видами клещей, относящихся к семейству *Ixodidae*: *Ixodes ricinus* и *Dermacentor reticulatus*. Оптимальными для активизации половозрелых клещей являются условия среды, характеризующиеся следующими показателями: среднедекадная температура воздуха в пределах от 10,5 до 15,0°C, максимальная температура воздуха – 22,5–27,0°C, относительная влажность воздуха – 50–60%.

В лаборатории, при близких к оптимальным условиям температуре и влажности, получены фазы превращения из кладок яиц в личинок. При температуре 20–25°C эмбриональный период кладок яиц составил от 10 до 20 дней, а массовый выход личинок клещей проходил в среднем через 2–5 дней.

Сезонная заклещевленность обследованных нами коров имеет два пика – весной и осенью. Весенний максимум паразитирующих клещей рода *D. reticulatus* отмечается в конце апреля, а *I. ricinus* – в середине мая; осенний пик приходится на начало сентября, одновременно нападают оба вида клещей в сравнительно меньшем количестве, чем весной.

Conclusion. Thus, we found that landscape-geographical and climatic features of Vitebsk region create favourable conditions for the circulation of pathogens and vectors of vector-borne infections. The vector fauna is represented by two species of ticks belonging to the family Ixodidae: *Ixodes ricinus* and *Dermacentor reticulatus*. The optimal conditions for the activation of sexually mature ticks are environmental conditions characterised by the following parameters: average weekly air temperature within the range from 10.5 to 15.0 °C, maximum air temperature 22.5-27.0 °C, relative air humidity 50-60%.

In the laboratory, under near optimal conditions of temperature and humidity, phases of transformation from batches of eggs to larvae were obtained. At temperatures of 20-25°C, the embryonic period of egg batching ranged from 10 to 20 days, and mass emergence of mite larvae took place in an average of 2-5 days.

Seasonal tick infestation of cows examined by us has two peaks – in spring and autumn. The spring peak of parasitic ticks of the genus *D. reticulatus* is observed in late April, and *I. ricinus* – in the middle of May; the autumn peak falls on the beginning of September, both species of ticks attack simultaneously in relatively smaller numbers than in spring.

Список литературы. 1. Адаптационные процессы и паразитозы животных : монография / А. И. Ятусевич, И. А. Ятусевич, Н. С. Мотузко [и др.]. – 2-е изд., перераб. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 572 с. 2. Арзамасов, И. Т. Иксодовые клещи / И. Т. Арзамасов. – Минск : Издательство Академии наук Белорусской ССР, 1961. – 131 с. 3. Вершинина, Т. А. Картографирование размещения и сезонной активности иксодовых клещей / Т. А. Вершинина. – Новосибирск : Наука, 1985. – 75 с. 4. Ганиев, И. М. Клещи – паразиты и переносчики болезней скота / И. М. Ганиев. – Махачкала : Дагестанское книжное издательство, 1979. – 80 с. 5. Клещи фауны Беларуси : каталог / сост. И. В. Чикилевская. – Минск : Наука і тэхніка, 1998. – 224 с. 6. Савицкий, Б. П. Пастбищные виды иксодовых клещей в Беларуси и итоги изучения их роли в патологии человека и домашних животных / Б. П. Савицкий, Г. А. Ефремова, Л. И. Карпук // Экология и животный мир. – Минск. – 2008. – № 1. – С. 11–22. 7. Сузько, С. Ф. Изучение иксодовых клещей в целях предупреждения гемоспоридиозов сельскохозяйственных животных в Беларуси : автореф. дис. ... канд. ветеринарных наук / С. Ф. Сузько. – Ленинград, 1949. – 12 с. 8. Успенская, И. Г. Иксодовые клещи, их медико-ветеринарное значение / И. Г. Успенская, Ю. Н. Коновалов. – Кисленев, 1974. – 27 с. 9. Филлипова, Н. А. Иксодовые клещи подсемейства Ixodinae. Фауна СССР. Паукообразные / Н. А. Филлипова. – 1977. – Т. 4, в. 4. – 396 с.

References. 1. Adaptacionnyye processy i parazitozy zhivotnyh : monografiya / A. I. YAtusevich, I. A. YAtusevich, N. S. Motuzko [i dr.]. – 2-e izd., pererab. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 572 s. 2. Arzamasov, I. T. Iksodovye kleshchi / I. T. Arzamasov. – Minsk : Izdatel'stvo Akademii nauk Belorusskoj SSR, 1961. – 131 s. 3. Vershinina, T. A. Kartografirovaniye razmeshcheniya i sezonnoj aktivnosti iksodovyh kleshchej / T. A. Vershinina. – Novosibirsk : Nauka, 1985. – 75 s. 4. Ganiev, I. M. Kleshchi – parazity i perenoschiki boleznej skota / I. M. Ganiev. – Mahachkala : Dagestanskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1979. – 80 s. 5. Kleshchi fauny Belarusi : katalog / sost. I. V. Chikilevskaya. – Minsk : Navuka i tekhnika, 1998. – 224 s. 6. Savickij, B. P. Pastbishchnye vidy iksodovyh kleshchej v Belarusi i itogi izucheniya ih roli v patologii cheloveka i domashnih zhivotnyh / B. P. Savickij, G. A. Efremova, L. I. Karpuk // Ekologiya i zhivotnyj mir. – Minsk. – 2008. – № 1. – S. 11–22. 7. Suz'ko, S. F. Izuchenie iksodovyh kleshchej v celyah preduprezhdeniya gemosporidiozov sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh v Belarusi : avtoref. dis. ... kand. veterinarnyh nauk / S. F. Suz'ko. – Leningrad, 1949. – 12 s. 8. Uspenskaya, I. G. Iksodovye kleshchi, ih mediko-veterinarnoe znachenie / I. G. Uspenskaya, YU. N. Konvalov. – Kishenev, 1974. – 27 s. 9. Fillipova, N. A. Iksodovye kleshchi podsemejstva Ixodinae. Fauna SSSR. Paukoobraznye / N. A. Fillipova. – 1977. – T. 4, v. 4. – 396 s.

Поступила в редакцию 18.07.2024.

СОДЕРЖАНИЕ

Ветеринария

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | <p>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОГРИБКОВОГО ПРЕПАРАТА «ТЕРБИНАЗОЛ» ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДЕРМАТОМИКОЗОВ У МОРСКИХ СВИНОК
 Авдачёнок В.Д., Туминец О.А.
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь</p> | 4 |
| 2. | <p>ПАРАМЕТРЫ ТОКСИЧНОСТИ АНТИМИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА НА ОСНОВЕ ЛЕВОФЛОКСАЦИНА НА БЕЛЫХ МЫШАХ
 Бабушкина А.Е., Ческидова Л.В., Корчагина А.А., Брюхова И.В., Блиднецова Г.Н.
 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация</p> | 10 |
| 3. | <p>ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И РОСТА ЯИЧНИКА У АУТОСЕКСНОГО ГИБРИДА ЯПОНСКОГО ПЕРЕПЕЛА
 Васютёнок В.И., Федотов Д.Н.
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь</p> | 13 |
| 4. | <p>ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЕТЕРИНАРНЫХ ФИТОПРЕПАРАТОВ
 Емельянов М.А.
 РУП «Опытная научная станция по птицеводству», г. Заславль, Республика Беларусь</p> | 17 |
| 5. | <p>УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА ИЛ-2 ПРИ ОЦЕНКЕ ИММУННОГО СТАТУСА У ТЕЛЯТ-ГИПОТРОФИКОВ В НЕОНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД
 *Животов Е.С., **Саврасов Д.А., *Паршин П.А., *Пасько Н.В.
 *ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
 **ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет им. императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация</p> | 22 |
| 6. | <p>ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ ПЕЧЕНИ НАСЕКОМОЯДНЫХ ЖИВОТНЫХ (<i>EULIROTYRNLA</i>), ОБИТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
 Журов Д.О., Старс К.В.
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь</p> | 26 |
| 7. | <p>ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ПРОФИЛАКТИКЕ МАСТИТА У ЛАКТИРУЮЩИХ КОРОВ
 Зимников В.И., Павленко О.Б., Сашнина Л.Ю.
 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация</p> | 30 |
| 8. | <p>ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ДОБАВКИ ИЗ СОИ КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ НЕГИДРОЛИЗИРОВАННОЙ
 Кочиш И.И., Капитонова Е.А., Мясникова О.В.
 ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация</p> | 34 |

9. **СОВРЕМЕННЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПАТОЛОГИЙ КОПЫТЕЦ И ОСОБЕННОСТИ ПРОВОДИМОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ИХ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРИВЯЗНОГО СОДЕРЖАНИЯ РЕМОНТНОГО МОЛОДНЯКА И КОРОВ** 39
*Крупицын В.В., **Котарев В.И., **Брюхова И.В.
*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
10. **ПРИМЕНЕНИЕ РАСТВОРА ВОССТАНОВЛЕННОГО НАНОСЕРЕБРА ПРИ СУБКЛИНИЧЕСКОМ МАСТИТЕ У КОРОВ** 45
***Павленко О.Б., ***Манжурина О.А., *Зимников В.И., **Фальков В.А.**
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», г. Воронеж, Российская Федерация
11. **ИЗУЧЕНИЕ РАЗДРАЖАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ МАЗИ «УБЕРОСЕПТ»** 50
Перегончий А.Р., Ческидова Л.В., Брюхова И.В., Павленко О.Б., Близнецова Г.Н.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
12. **ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКА «БАЦЕЛЛ-М» НА ЭКСПРЕССИЮ ГЕНОВ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ, ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ КАРПА ОБЫКНОВЕННОГО (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ ГЕПАТОПАТИЯХ** 54
Семенова Е.В., Стрельников Н.А., Михайлов Е.В., Сулин В.Ю.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
13. **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ФЕРОНАМИН» НА УРОВЕНЬ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ПРО- И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ НА ФОНЕ ВАКЦИНАЦИИ ПРОТИВ ЦВС-2** 60
*Стребкова В.В., *Михайлов Е.В., *Востроилова Г.А., *Паршин П.А., *Пасько Н.В., **Сыромятников М.Ю.
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация
14. **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БИООРГАНИЧЕСКОГО ЙОДА В ОРГАНИЗМЕ ЖИВОТНЫХ, ПОЛУЧАВШИХ СОЕДИНЕНИЯ ЙОДА В СОСТАВЕ РАЦИОНА** 65
Тюрин В.Г., ***Семенов В.Г., ***Вагин К.Н., *Курбангалеев Я.М., ***Гайнутдинов Т.Р., *Ильгизаровна Р.Г., *Усольцев К.В., *Идрисов А.М., *Багаутдинов И.А., *****Родионова Н.В., *****Капитонова Е.А.****
*ФГБНУ «Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности», г. Казань, Научный городок-2, Российская Федерация
**Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН, г. Москва, Российская Федерация
***Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары, Российская Федерация
****Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Российская Федерация
*****ОАО «Ак Барс Пестрецы», Республика Татарстан
*****ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА им. К.И.Скрябина», г. Москва, Российская Федерация**
15. **КАПИЛЛЯРИОЗ КУР В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМ** 73
Ятусевич А.И., Ковалевская Е.О., Шлыкова П.Р.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

Зоотехния

16. **МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ ФЕНОТИПИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ RS41923484 ГЕНА ГОРМОНА РОСТА *GH* НА ПРИЗНАКИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КРС** 79
***Белая Е.В., **Норкина В.М., **Климанова Е.А.**
*БГПУ им. М. Танка, г. Минск, Республика Беларусь
**ФГБОУ ВО «Новосибирский ГАУ», г. Новосибирск, Российская Федерация
17. **ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПЛЕКСНЫХ ГЕНОТИПОВ ГЕНОВ *DGAT1*, *GH*, *PRL* И *BLG* С ПОКАЗАТЕЛЯМИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ БЕЛОРУССКОЙ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ** 86
Михалюк А.Н., Танана Л.А.
УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь
18. **АНАЛИЗ СЕЛЕКЦИОНИРУЕМЫХ ПРИЗНАКОВ ЛОШАДЕЙ ГАННОВЕРСКОЙ ПОРОДЫ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ ЕЕ РАЗВИТИЯ** 97
***Рудак А.Н., *Герман Ю.И., *Герман А.И., **Зяц О.В.**
*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь
**УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
19. **ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОВЕЦ МЯСО-ШЕРСТНОГО И ШУБНО-МЯСНОГО НАПРАВЛЕНИЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЕЛОРУССКОЙ СЕЛЕКЦИИ** 103
Семченко С.В., Герман Ю.И.
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», г. Жодино, Республика Беларусь

Биология

20. **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА РАЗВИТИЕ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ, ОБИТАЮЩИХ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ РЕГИОНЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ** 111
Хомченко Н.Г., Кушнерова А.Д.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь



**УЧРЕЖДЕНИЮ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКАЯ ОРДЕНА «ЗНАК ПОЧЕТА» ГОСУДАРСТВЕННАЯ
АКАДЕМИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ» — 100 ЛЕТ!**



История нашего учебного заведения начинается с ноября 1924 г, когда на базе Высшего сельскохозяйственного техникума был открыт Витебский ветеринарный институт, 11 преподавателей обучали тогда 100 студентов.

Сегодня размах иной: в академии обучаются 3200 будущих специалистов, а своими знаниями с ними делятся 260 экспертов, среди которых доктора и кандидаты наук, ученые с мировым именем. За целый век работы вуз не только стал главной ветеринарной кузницей кадров Беларуси, но и завоевал международное признание. УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» – единственное учреждение высшего образования, имеющее статус ведущего в ветеринарной отрасли в Республике Беларусь, сюда приезжают учиться не только из разных уголков Беларуси, но и из ближнего и дальнего зарубежья.



ЛЕМЕШ
Владимир Филиппович



ЖАКОВ
Михаил Степанович



ЯТУСЕВИЧ
Антон Иванович

69 лет из 100 академией руководили всего три человека. Это **Лемеш Владимир Филиппович** (ректор в 1944–1968 годах), **Жаков Михаил Степанович** (1968–1995), **Ятусевич Антон Иванович** (1998–2016). Каждый из них внес огромный вклад в развитие и становление нашего вуза.

Под руководством **Лемеша В.Ф.** к началу 50-х годов институт не только был полностью восстановлен, но и значительно расширен. Построены спортивный корпус, столовая, общежитие для студентов на 100 человек, жилой дом на 50 квартир, учебная кузница, вивариум и ряд других объектов.

По инициативе Лемеша В.Ф. в 1959 году открыт факультет заочного образования. За 12 лет количество ветеринарных специалистов в Белоруссии возросло в 2,5 раза. В 1960 году в институте открыта аспирантура, начал работать совет по защите диссертаций. В 1966 году – факультет повышения квалификации и переподготовки кадров.

Лемеш В.Ф. внес большой вклад в развитие института, а также в дело обогащения сельскохозяйственной науки новыми открытиями.

Особой вехой в истории академии следует выделить нахождение в руководстве ректора **Жакова М.С.:** значительно укрепилась материально-техническая база, проведена большая работа по совершенствованию учебно-методического обеспечения учебного процесса, расширению учебно-исследовательской работы студентов, развитию госбюджетной научно-исследовательской работы, были построены корпус ФПК, 4 общежития, появилось много инноваций в учебном процессе.

В 1970 году было создано подготовительное отделение. Ветеринарный институт под руководством Жакова М.С. превратился в крупный учебно-научный центр Белорусской республики, широко известный и авторитетный далеко за ее пределами.

За время ректорства **Ятусевича А.И.** было открыто 10 специализаций врачей ветеринарной медицины и зооинженеров, открыто 2 специальности: ветсанитария и экспертиза и фармацевция, создан НИИ, 2 филиала академии в г. Речице и Пинске, организована Ветеринарная ассоциация с ссузами, завершено строительство учебно-лабораторного корпуса, реконструированы учебные корпуса и общежития.

Академии присвоены статусы ведущего высшего учебного заведения в отрасли (2006) и научной организации (2012). 4 ноября 2011 года открыт памятник ветеринарному врачу. Открыт научно-практический центр по животноводству (на базе «Мазоловогаз»), свыше 40 филиалов в различных СПК и госветучреждениях.

**МЫ ГОРДИМСЯ СВОЕЙ АКАДЕМИЕЙ, ВЕДЬ ОНА БЕРЕЖНО ХРАНИТ ТРАДИЦИИ,
СОЗДАВАЯ ЛУЧШЕЕ БУДУЩЕЕ!**

Ответственный за выпуск О. С. Горлова
Технический редактор Е. А. Алисейко
Компьютерная верстка Е. В. Морозова
Корректоры Т. А. Никитенко, Е. В. Морозова
Редактор-переводчик А. И. Картунова

Подписано в печать 25.11.2024 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. п. л. 13,95. Уч.-изд. л. 11,71.
Тираж 53 экз. Заказ 6140.

Издатель:
учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 48-17-70.
E-mail: rio@vsavm.by
<http://www.vsavm.by>

Полиграфическое исполнение:
унитарное полиграфическое предприятие
«Витебская областная типография».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/19 от 26.11.2013.
Ул. Щербакова-Набережная, 4, 210015, г. Витебск

ISBN 2078-0109



9 772078 010007