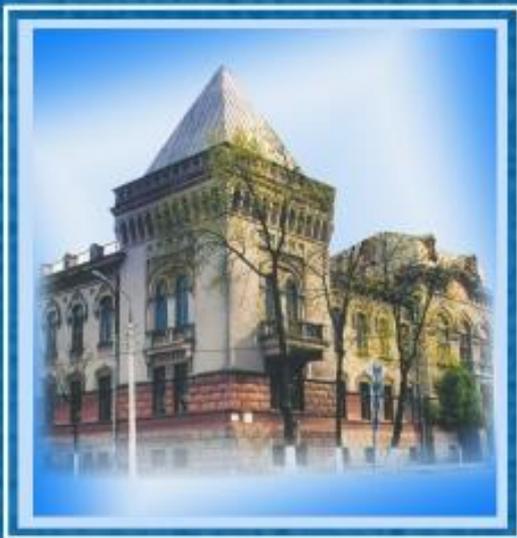


ISSN 2078-0109

# Ученые Записки



Том 60  
Выпуск 3  
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 3  
(июль – сентябрь) 2024 г.**

**Редакционная коллегия:**

**Гавриченко Н.И.** – доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент (главный редактор);

**Ятусевич А.И.** – доктор ветеринарных наук, профессор,  
академик РАН (зам. главного редактора);

**Горлова О.С.** – кандидат ветеринарных наук, доцент  
(ответственный секретарь);

**Бабина М.П.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Белко А.А.** – кандидат ветеринарных наук, доцент;

**Белова Л.М.** – доктор биологических наук, профессор;

**Бычкова Е.И.** – доктор биологических наук, профессор;

**Герасимчик В.А.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Гнедов А.А.** – доктор технических наук, профессор;

**Громов И.Н.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Карпеня М.М.** – доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор;

**Ковалёнок Ю.К.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Котарев В.И.** – доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор;

**Красочко П.А.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Кузьмич Р.Г.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Лысенко А.П.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Малашко В.В.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Мотузко Н.С.** – кандидат биологических наук, доцент;

**Павлова Т.В.** – кандидат биологических наук, доцент;

**Паршин П.А.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Прищепа И.М.** – доктор биологических наук, профессор;

**Субботин А.М.** – доктор биологических наук, профессор;

**Холод В.М.** – доктор биологических наук, профессор;

**Шабунин С.В.** – доктор ветеринарных наук, профессор,  
академик РАН;

**Шахов А.Г.** – доктор ветеринарных наук, профессор;

**Юнусов Х.Б.** – доктор биологических наук, профессор;

**Ятусевич И.А.** – 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, личный идентификатор ORCID 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.

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 в научный отдел УО ВГАВМ ([olg92439442@yandex.by](mailto:olg92439442@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  
ПОРΟΣЯТ 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,  
Владими́рова 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 10.52368/2078-0109-2024-60-3-4-8  
УДК 619:[575.117:577.175.14:612.1:618.14-002]:636.2

### ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ПРО- И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ В КРОВИ КОРОВ ПРИ ТЕРАПИИ ХРОНИЧЕСКОГО ЭНДОМЕТРИТА

**Болотова В.С. ORCID ID 0000-0002-6967-7162, Михалёв В.И. ORCID ID 0000-0001-9684-4045,  
Пасько Н.В. ORCID ID 0000-0003-0513-7252**

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

*В статье представлены материалы изучения относительной экспрессии генов про-, противовоспалительных цитокинов в крови коров при терапии хронического эндометрита у коров. Установлено, что в процессе лечения происходит снижение относительного уровня экспрессии провоспалительных (ФНО $\alpha$ , ИЛ-2) при одновременном повышении противовоспалительных (ИЛ-4, ИЛ-10) цитокинов. Наибольшая клиническая эффективность лечения коров с хроническим эндометритом установлена при использовании антимикробного препарата «ПК», биостимульгина и утеротона – 89,5%, сопровождающаяся снижением относительного уровня экспрессии генов ФНО $\alpha$  в крови в 2,1 раза, ИЛ-2 – в 2,18 раза, при одновременном повышении ИЛ-4 в 1,82 раза, ИЛ-10 – в 1,71 раза. Доминирование относительной экспрессии генов противовоспалительных цитокинов над провоспалительными свидетельствует об угасании воспалительных процессов в матке. **Ключевые слова:** коровы, хронический эндометрит, терапия, экспрессия генов, цитокины.*

### CHANGES IN THE EXPRESSION LEVEL OF PRO- AND ANTI-INFLAMMATORY CYTOKINE GENES IN THE BLOOD OF COWS DURING THE THERAPY OF CHRONIC ENDOMETRITIS

**Bolotova V.S., Mikhalev V.I., Pasko N.V.**

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

*The article presents the material on studying the relative expression of pro- and anti-inflammatory cytokine genes in the blood of cows during the therapy of chronic endometritis in cows. It has been established that during treatment there is a decrease in the relative expression level of pro-inflammatory (TNF $\alpha$ , IL-2) with a simultaneous increase in anti-inflammatory (IL-4, IL-10) cytokines. The greatest clinical efficacy of treatment of cows with chronic endometritis was established when using the antimicrobial drug "PK", biostimulgin and uteroton – 89.5%, accompanied by a decrease in the relative expression level of the TNF $\alpha$  genes in the blood by 2.1 times, IL-2 - by 2.18 times, with a simultaneous increase in IL-4 by 1.82 times, IL-10 – by 1.71 times. The dominance of the relative expression of anti-inflammatory cytokine genes over pro-inflammatory ones indicates the extinction of inflammatory processes in the uterus. **Keywords:** cows, chronic endometritis, therapy, gene expression, cytokines.*

**Введение.** В структуре гинекологических заболеваний молочных коров, приносящих значительные экономические потери и снижающих рентабельность отрасли, ведущее место занимают воспалительные заболевания органов воспроизводства. Среди этих патологий главенствующую роль занимают хронические эндометриты. В последнее время степень распространения хронического эндометрита у коров составляет 27,9-39,8% от числа бесплодных коров и не имеет тенденции к снижению [1, 2]. Росту числа воспалительных заболеваний эндометрия способствует высокая молочная продуктивность, при которой, с одной стороны, обменные процессы протекают более интенсивно, снижая при этом резистентность животных, а с другой стороны происходит рост числа антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов [3, 4].

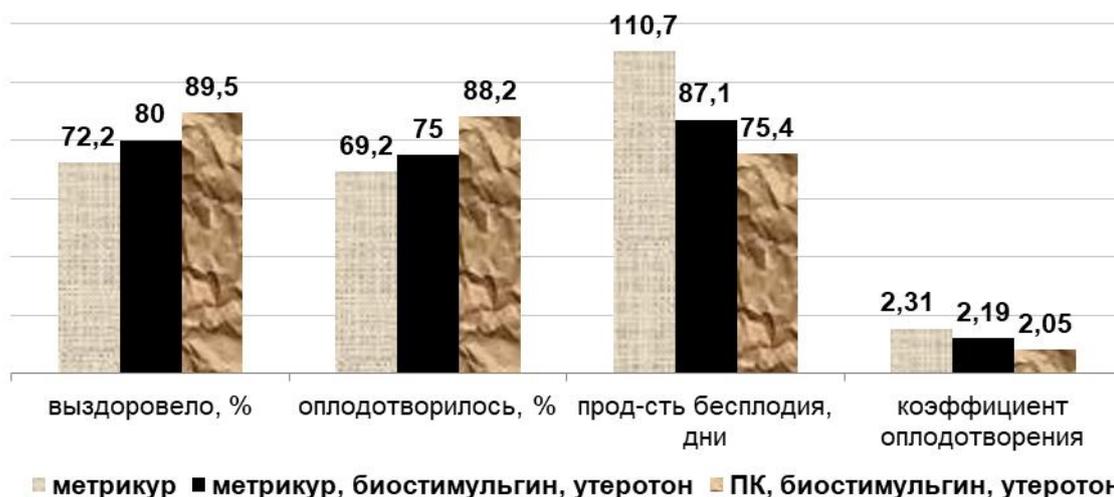
Для терапии коров с хроническим эндометритом в большинстве случаев применяются антимикробные средства с различным механизмом действия. Для повышения эффективности лечебных мероприятий целесообразно дополнительное применение средств, усиливающих сократительную функцию матки, а также препаратов общестимулирующего действия, повышающих резистентность организма [5, 6].

Для оценки эффективности терапевтических мероприятий при хроническом эндометрите используют в основном результаты клинических исследований. При этом клиническое выздоровление не всегда сопровождается восстановлением структурно-функциональных свойств эндометрия [7, 8]. В той связи изучение уровня экспрессии генов про- и противовоспалительных цитокинов, служащих маркерами течения воспалительного процесса, является актуальным и требует детального изучения.

**Цель исследований** – изучить изменение относительного уровня экспрессии генов про- и противовоспалительных цитокинов в крови коров при терапии хронического эндометрита.

**Материалы и методы исследований.** Материалом для исследований служили коровы голштинской породы ЗАО «Славянское» Верховского района Орловской области с годовой молочной продуктивностью 10000-10500 кг, больные хроническим эндометритом. Диагностика хронического эндометрита проведена в соответствии с «Методическим пособием по профилактике бесплодия у высокопродуктивного молочного скота» (Воронеж, 2010). При постановке диагноза учитывались результаты клинико-эхографических исследований. УЗИ-исследования проведены с помощью ультразвукового сканера Easy-Scan CURVE, оборудованного датчиком с частотой 4,5-8,0 МГц. У больных хроническим эндометритом коров диагностирована эхонегативная полость в матке с наличием в ней эхопозитивных включений. Для терапии хронического эндометрита было сформировано три группы больных хроническим эндометритом коров. Коровам первой группы (n=18) внутриматочно инъецировали препарат «Метрикур» согласно наставлению по его применению, второй (n=20) – внутриматочно метрикур в сочетании с биостимульгином, утеротон и внутриматочно антимикробный препарат «ПК» в дозе 20,0 мл 2-3 раза с 24-часовым интервалом. Клиническую эффективность проведенного лечения определяли по количеству выздоровевших и оплодотворившихся животных, продолжительности бесплодия, коэффициенту оплодотворения. От 5 животных из каждой группы перед и по окончании терапевтического курса отобраны пробы крови для определения относительного уровня экспрессии генов ФНО $\alpha$ , ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-10. Относительный уровень экспрессии генов определен путем выделения РНК из крови, используя набор РНК-Экстран (Синтол, Россия). Обратную транскрипцию кДНК проводили на амплификаторе «Терцик» («НПО ДНК-Технология», Россия). ПЦР-реакция проведена с использованием праймеров для интерлейкинов (ФНО $\alpha$ , ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-10) на детектирующем амплификаторе «ДТлайт» (ООО «НПО ДНК-Технология», Россия) с готовой коммерчески доступной смесью для PCR 5X qPCRmix-HS LowROX (Евроген, Россия). Полученный цифровой материал подвергали математической обработке с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0.

**Результаты исследований.** Клиническая эффективность терапии коров с хроническим эндометритом представлена на рисунке 1. Установлено, что после лечения коров, больных хроническим эндометритом, путем внутриматочного введения метрикура клиническое выздоровление наступило у 72,2% животных. Оплодотворение у выздоровевших животных этой группы произошло у 69,2%. Продолжительность бесплодия при лечении коров с хроническим эндометритом с применением метрикура составила 110,7 дней, а коэффициент оплодотворения – 2,31.



**Рисунок 1 – Эффективность терапии коров с хроническим эндометритом**

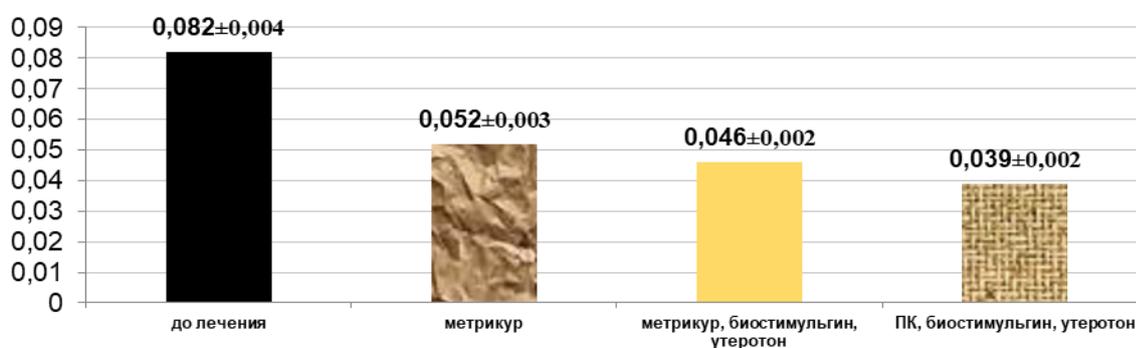
После лечения коров с хроническим эндометритом путем внутриматочного введения метрикура в комплексе с общестимулирующими и миотропными средствами выздоровело 80,0% животных, что на 7,8% больше по сравнению с метрикуром. Оплодотворение у клинически выздоровевших животных этой группы произошло у 75,0%, или на 5,8% больше, чем после применения одного

метрикура, продолжительность бесплодия меньше на 23,6 ( $P<0,01$ ) дня, коэффициент оплодотворения – на 0,12.

Наилучшие результаты терапии коров с хроническим эндометритом получены при лечении, предусматривающем внутриматочное введение антимикробного препарата «ПК», подкожно – биостимульгина и внутримышечно – утеротона. Клиническое выздоровление коров этой группы наступило у 89,5%, что на 9,5-17,3% больше по сравнению с животными других групп. После проведенного лечения хронического эндометрита с применением антимикробных («ПК»), общестимулирующих (биостимульгин) и миотропных (утеротон) средств оплодотворилось 88,2% коров, что на 13,2-19,0% больше, чем у животных других групп. При этом продолжительность бесплодия оказалась короче на 11,7-35,3 ( $P<0,001$ ) дней, а коэффициент оплодотворения – на 0,14-0,26 ( $P<0,05$ ).

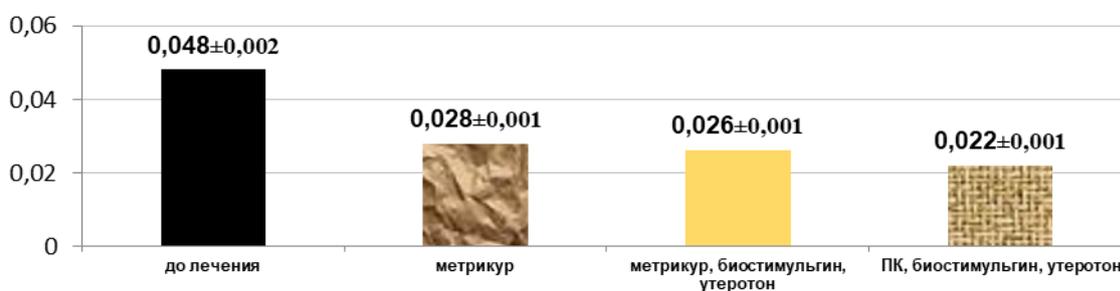
Результаты изучения относительного уровня экспрессии генов про-, противовоспалительных цитокинов в крови коров при терапии хронического эндометрита представлены на рисунках 2-5.

Установлено, что после терапии хронического эндометрита с применением метрикура (рисунок 2) экспрессия генов ФНО $\alpha$  в крови коров снизилась в 1,58 раза ( $P<0,01$ ), после совместного применения метрикура, биостимульгина и утеротона – в 1,78 раза ( $P<0,001$ ). Наибольшее снижение относительного уровня экспрессии ФНО $\alpha$  в крови животных (в 2,1 раза,  $P<0,001$ ) произошло после терапии хронического эндометрита с применением препарата «ПК», биостимульгина и утеротона. У животных этой группы уровень экспрессии ФНО $\alpha$  в крови оказался ниже на 15,2-25,0% ( $P<0,05$ ) по сравнению с выздоровевшими коровами других групп.



**Рисунок 2 – Относительный уровень экспрессии генов ФНО $\alpha$  до и после терапии коров с хроническим эндометритом**

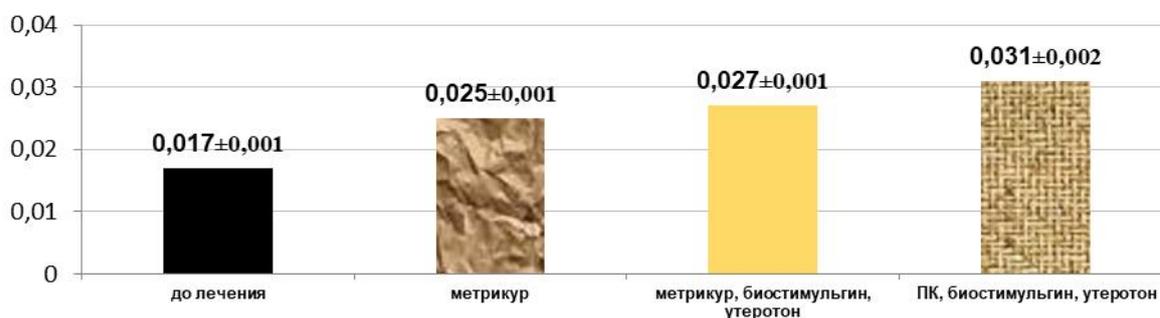
При изучении относительного уровня экспрессии генов ИЛ-2 в крови коров (рисунок 3), установлено, что внутриматочное введение метрикура обеспечивает клиническое выздоровление и снижение экспрессии ИЛ-2 в 1,71 раза ( $P<0,01$ ) по сравнению с началом лечения, а совместное его применение с общестимулирующими и миотропными средствами – в 1,85 раза ( $P<0,01$ ). Применение нового антимикробного препарата «ПК» в комплексном лечении хронического эндометрита способствует снижению уровня экспрессии генов ИЛ-2 в 2,18 раза ( $P<0,01$ ) по сравнению с началом лечения и на 15,4-21,4% - по сравнению с другими группами.



**Рисунок 3 – Относительный уровень экспрессии генов ИЛ-2 до и после терапии коров с хроническим эндометритом**

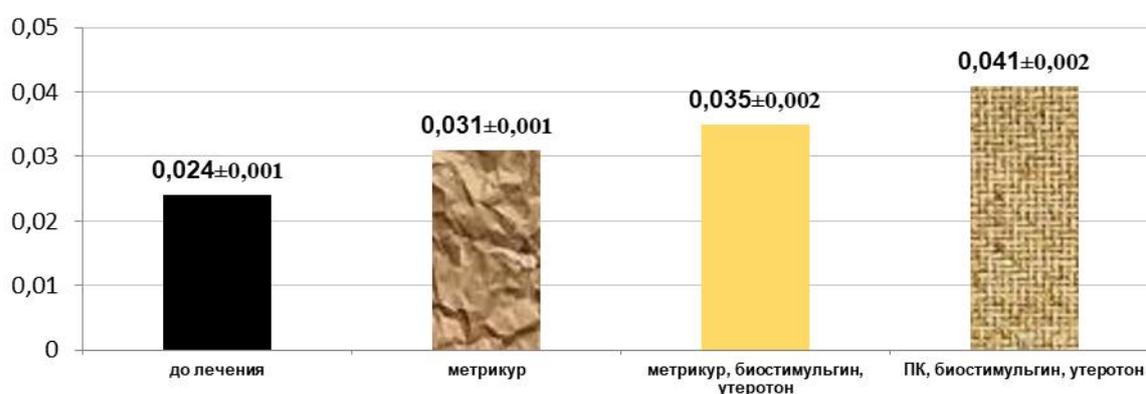
Относительный уровень экспрессии генов противовоспалительного цитокина ИЛ-4 в крови коров при терапии хронического эндометрита метрикуром повысился в 1,47 раза ( $P<0,05$ ) (рисунок 4), а при лечении метрикуром в сочетании с биостимульгином и утеротоном – в 1,59 раза ( $P<0,05$ ). Ис-

пользование в качестве антимикробного средства препарата «ПК» в составе комплексной терапии способствовало повышению уровня относительной экспрессии ИЛ-4 в 1,82 раза ( $P < 0,01$ ).



**Рисунок 4 – Относительный уровень экспрессии генов ИЛ-4 до и после терапии коров с хроническим эндометритом**

Схожая динамика установлена и в отношении изменения относительной экспрессии генов ИЛ-10 в крови коров при лечении хронического эндометрита (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Относительный уровень экспрессии генов ИЛ-10 до и после терапии коров с хроническим эндометритом**

При терапии коров с хроническим эндометритом метрикуром клиническое выздоровление происходит на фоне повышения уровня экспрессии генов ИЛ-10 в 1,29 раза по сравнению с началом лечения, при применении метрикура, биостимульгина и утеротона – в 1,46 раза ( $P < 0,05$ ). Наибольшее повышение относительного уровня экспрессии ИЛ-10 зарегистрировано при комплексной терапии с применением в качестве антимикробного средства препарата «ПК» - в 1,71 раза ( $P < 0,01$ ).

**Заключение.** Терапия коров с хроническим эндометритом сопровождается изменением соотношения экспрессии генов про- и противовоспалительных цитокинов в сторону превалирования противовоспалительных. Наиболее выраженные изменения в процессе лечения хронического эндометрита констатированы при совместном применении антимикробного препарата «ПК», биостимульгина и утеротона, характеризующиеся снижением относительного уровня экспрессии генов ФНО $\alpha$  в крови в 2,1 раза, ИЛ-2 – в 2,18 раза, при одновременном повышении ИЛ-4 в 1,82 раза, ИЛ-10 – в 1,71 раза. Доминирование относительной экспрессии генов противовоспалительных цитокинов над провоспалительными свидетельствует об угасании воспалительных процессов в матке, что подтверждается клиническим выздоровлением 89,5% животных.

**Conclusion.** The therapy of cows with chronic endometritis is accompanied by a change in the ratio of gene expression of pro-inflammatory cytokines towards the predominance of anti-inflammatory ones. The most pronounced changes in the treatment of chronic endometritis were observed in case of the combined use of the antimicrobial drug "PK", biostimulgin and uteroton, characterized by a decrease in the relative expression level of the TNF $\alpha$  genes in the blood by 2.1 times, IL-2 – by 2.18 times, with a simultaneous increase of IL-4 by 1.82 times, IL-10 – by 1.71 times. The dominance of the relative expression of anti-inflammatory cytokine genes over pro-inflammatory ones indicates the extinction of inflammatory processes in the uterus, which is confirmed by clinical recovery in 89.5% of animals.

**Список литературы.** 1. Распространение акушерско-гинекологических заболеваний у коров в биогеохимической провинции с дефицитом селена / И. Г. Конопельцев [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 35-летию организации ВНИВИПФиТ. - Воронеж, 2005. – С. 106-108. 2. Медведев, Г. Ф. Влияние заболеваемости метритного комплекса на частоту синдрома «повторение половой охоты» у коров / Г. Ф. Медведев, Н. И. Гавриченко // Современные проблемы ветеринарного акушерства и биотехнологии воспроизведения животных : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию со дня рождения профессора Г. А. Черемисинова и 50-летию создания Воронежской школы ветеринарных акушеров, (18–19 октября 2012 г.) / Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии. - Воронеж, 2012. - С. 332-338. 3. Гарбузов, А. А. Диагностика и лечение субклинического эндометрита у коров / А. А. Гарбузов, К. Д. Валюшкин // Ветеринарная патология. – 2003. - № 3. – С. 109-112. 4. Дубовикова, М. С. Фармакотерапия хронического неспецифического эндометрита у коров : автореф. дис. ... канд. вет. наук / М. С. Дубовикова. – Краснодар, 2017. – 18 с. 5. Турченко, А. Н. Этиология и лечение послеродового эндометрита коров / А. Н. Турченко // Ветеринария. – 2001. - № 7. – С. 35 – 37. 6. Терапия хронического эндометрита у коров с применением рекомбинантных интерферонов / В. И. Михалёв [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. - 2022. - №3 (20). – С. 57-67. 7. Гарбузов, А. А. Диагностика и лечение субклинического эндометрита у коров / А. А. Гарбузов, К. Д. Валюшкин // Актуальные проблемы болезней молодняка в современных условиях : материалы Международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2002. – С. 174-176. 8. Алешкин, В. А. Иммунология репродукции / В. А. Алешкин, А. Н. Ложкина, Э. Д. Загородная. - Чита, 2004. - 79 с.

**References.** 1. Rasprostraneniye akushersko-ginekologicheskikh zabolevaniy u korov v biogeoхимической провинции с дефицитом селена / I. G. Konopel'cev [i dr.] // Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 35-letiyu organizacii VNIVIPFIT. - Voronezh, 2005. – S. 106-108. 2. Medvedev, G. F. Vliyaniye zabolevaemosti metritnogo kompleksa na chastotu sindroma «povtoreniye polovoy ohoty» u korov / G. F. Medvedev, N. I. Gavrichenko // Sovremennyye problemy veterinarnogo akusherstva i biotekhnologii vosproizvedeniya zhivotnykh : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu so dnya rozhdeniya professora G. A. Cheremisinova i 50-letiyu sozdaniya Voronezhskoy shkoly veterinarnykh akusherov, (18–19 oktyabrya 2012 g.) / Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy veterinarnyy institut patologii, farmakologii i terapii. - Voronezh, 2012. - S. 332-338. 3. Garbuzov, A. A. Diagnostika i lecheniye subklinicheskogo endometrita u korov / A. A. Garbuzov, K. D. Valyushkin // Veterinarnaya patologiya. – 2003. - № 3. – S. 109-112. 4. Dubovikova, M. S. Farmakoterapiya hronicheskogo nespecifichekogo endometrita u korov : avtoref. dis. ... kand. vet. nauk / M. S. Dubovikova. – Krasnodar, 2017. – 18 s. 5. Turchenko, A. N. Etiologiya i lecheniye poslerodovogo endometrita korov / A. N. Turchenko // Veterinariya. – 2001. - № 7. – S. 35 – 37. 6. Terapiya hronicheskogo endometrita u korov s primeneniem rekombinantnykh interferonov / V. I. Mihalyov [i dr.] // Veterinarnyy farmakologicheskii vestnik. - 2022. - №3 (20). – S. 57-67. 7. Garbuzov, A. A. Diagnostika i lecheniye subklinicheskogo endometrita u korov / A. A. Garbuzov, K. D. Valyushkin // Aktual'nye problemy bolezney molodnyaka v sovremennykh usloviyakh : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Voronezh, 2002. – S. 174-176. 8. Aleshkin, V. A. Immunologiya reprodukcii / V. A. Aleshkin, A. N. Lozhkina, E. D. Zagorodnaya. - Chita, 2004. - 79 s.

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-8-13  
УДК 619:[618.19-002:618.63]:636.2

## МОРФО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕКРЕТА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КЛИНИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ И БОЛЬНЫХ МАСТИТОМ КОРОВ В РАЗНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ЛАКТАЦИИ

**Зимников В.И. ORCID ID 0000-0002-6371-7143, Павленко О.Б. ORCID ID 0000-0001-9086-9241, Манжурина О.А. ORCID ID 0000-0003-0147-8965, Тюрина Е.В. ORCID ID 0000-0003-0385-6050**  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

Неотъемлемой частью ведения молочного животноводства является получение молока высокого санитарного качества. Это напрямую зависит от продуктивного здоровья животных и состояния молочной железы. Молочная железа в период жизни коровы претерпевает несколько физиологических периодов, связанных с воспроизводством потомства и секрецией молока. Нами проведены исследования секрета молочной железы коров, находящихся в разных физиологических периодах лактации. Установлено, что у коров в ранний послеродовый период и в период запуска, в сравнении с животными середины лактации, отмечают нарушения иммунного статуса, характеризующиеся ослаблением клеточного и гуморального звеньев неспецифического иммунитета, сопровождающиеся повышенной антигенной нагрузкой. На этом фоне в данные физиологические периоды лактации коровы наиболее подвержены заболеваниям молочной железы, и во время возникновения воспалительного процесса его течение проходит в более тяжелой форме. У больных маститом коров в период запуска и в ранний послеродовый период происходят наиболее глубокие изменения в гомеостазе, в сравнении с коровами середины лактации, характеризующиеся возникновением сильной воспалительной реакции на фоне снижения активности клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности молочной железы и нарастания антигенной нагрузки при увеличении микробной контаминации молока. **Ключевые слова:** мастит, молочная железа, секрет вымени, морфо-иммунологические показатели.

## MORPHOIMMUNOLOGICAL INDICATORS OF THE MAMMARY GLAND SECRETION IN CLINICALLY HEALTHY COWS AND COWS WITH MASTITIS DURING VARIOUS PHYSIOLOGICAL PERIODS OF LACTATION

Zimnikov V.I., Pavlenko O.B., Manzhurina O.A., Tyurina E.V.  
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",  
Voronezh, Russian Federation

*An integral part of dairy farming is obtaining milk of high sanitary quality. This directly depends on the productive health of the animals and the condition of the mammary gland. During the life of a cow, the mammary gland undergoes several physiological periods associated with the reproduction of offspring and the secretion of milk. We have conducted studies of the mammary gland secretion in cows during various physiological periods of lactation. It has been established that in cows during the early postpartum period and during the cow drying off period, in comparison with animals in mid-lactation, there are disorders in the immune status, characterized by a weakening of the cellular and humoral components of nonspecific immunity, accompanied by an increased antigenic load. Against this background, during these physiological periods of lactation, cows are most susceptible to diseases of the mammary gland, and when the inflammatory process occurs, its course is more severe. In cows with mastitis, during the drying off period and the early postpartum period, the most profound changes in homeostasis occur, in comparison with cows in mid-lactation. They are characterized by the occurrence of a strong inflammatory reaction against the background of a decrease in the activity of the cellular and humoral components of nonspecific resistance in the mammary gland and an increase in the antigenic load with an increase in microbial contamination of milk. **Keywords:** mastitis, mammary gland, udder secretion, morphoimmunological indicators.*

**Введение.** Неотъемлемой частью ведения молочного животноводства является получение молока высокого санитарного качества. Это напрямую зависит от продуктивного здоровья животных и состояния молочной железы. Молочная железа в период жизни коровы претерпевает несколько физиологических периодов, связанных с воспроизводством потомства и секрецией молока [3, 8].

Период лактации – это промежуток времени, в течение которого происходит секреция и выделение молока. У большинства высокопродуктивных коров длительность периода лактации зависит от породы и индивидуальных особенностей. Продолжительность лактационного периода в среднем у коров составляет 10 месяцев. Во время лактации животное отдает большую часть витаминов и макро- и микроэлементов своего организма на производство молока [5].

В период запуска, физиологической особенностью которого является торможение динамики лактации, в вымени начинаются процессы, связанные с инволюцией тканей и снижением функции клеток молочной железы. В период запуска идет процесс перерождения тканей и железистых клеток молочной железы – мелкие протоки, альвеолы спадаются и атрофируются, вымя уменьшается в размерах и снижается секреция молока. Начинается процесс слущивания и отторжения эпителиальных клеток, ядра которых уменьшаются в размерах, а клетки рассасываются. Увеличивается количество нейтрофилов в секрете молочной железы, ферменты которых лизируют железистые клетки альвеол [2, 6].

Также в молочной железе, помимо нейтрофилов, появляется большое количество макрофагов, которые поглощают редуцированные тканевые элементы [1].

После запуска стельных коров наступает сухостойный период, который начинается за 55-60 дней до отела. В этот период организм животных подготавливается к отелу и новой лактации. В это время железа претерпевает сложный физиологический процесс, связанный с перестройкой тканей. В первую очередь в молочной железе преобладают инволюционные процессы, связанные с дегенерацией альвеолярной ткани и с замещением ее жировой тканью, без изменения остаются только молочные протоки. В некоторых долях частично сохраняются альвеолы, но их протоки закрыты. В железе образуется вязки – медообразный секрет серого цвета, которым заполняются молочные протоки. Фаза инволюции продолжается до 21 дня, затем в следующие три недели наступает регенеративная фаза, в которую происходит восстановление железистой ткани вымени. За несколько недель до отела железистый эпителий начинает проявлять секреторную активность, что приводит к началу образования компонентов молозива и наступлению фазы кластрагенеза. Во время этой фазы начинается выработка молозива, и к началу отела молочная железа наполняется молозивом [7].

В послеродовой период у коров снижается активность иммунной системы, в этот период молочная железа состоит из разветвляющихся протоков, наполненных молозивом, которое содержит белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины, воду. Кроме того, оно является основным источником защитных иммуноглобулинов, лизоцима и лимфоцитов. Среди белков молозива преобладают легкопереваримые глобулины и альбумины. Сразу после отела в высококачественном молозиве содержится 18,0-22,0% белков, 5,0-6,0% жира. В молозиве коров очень низкий уровень лактозы — 2,0-2,5%. Питательная ценность 1 кг молозива в первый день лактации равна в среднем 0,55-0,58 ЭКЕ, в нем содержится до 225 г белка, что в 1,5 раза выше питательной ценности молока [4, 6].

Однако, несмотря на богатый состав молозива в послеродовой период, полностью не изучен морфо-иммунологический состав секрета молочной железы клинически здоровых и больных маститом коров в разные физиологические периоды лактации, и на данный момент этот вопрос остается актуальным.

**Цель исследований.** Изучить морфо-иммунологические показатели секрета молочной железы клинически здоровых и больных маститом коров в разные физиологические периоды лактации.

**Материалы и методы исследований.**

Для постановки эксперимента было подобрано по 10 клинически здоровых, больных субклиническим и клинически выраженным катаральным маститом коров, находящихся в разных лактационных периодах (ранний послеродовой, 100-120 дней лактации и период запуска). От всех животных были отобраны пробы секрета молочной железы для проведения иммунобиохимических и микробиологических исследований.

Диагностику заболеваемости опытных животных субклиническим и клинически выраженным катаральным маститом в разные периоды лактации проводили с помощью клинического осмотра животных с последующим сдаиванием секрета на молочно-контрольные пластинки и постановки реакции с экспресс-тестом «Кенотест». Полученные результаты подтверждали подсчетом количества соматических клеток. Исследования проводили в соответствии с «Наставлением по диагностике, терапии и профилактике мастита у коров» (М-200).

Пробы секрета молочной железы у коров отбирали согласно «Методическим указаниям по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров» (М., 1983) [3]. Морфологический состав секрета определяли в мазках-отпечатках, которые готовили по методике определения клеточного состава секрета вымени коров. Количество соматических клеток определяли на счетчике соматических клеток фирмы De Laval. Бактериологические и иммунологические исследования секрета вымени проведены общепринятыми классическими методами согласно утвержденным методикам [2].

**Результаты исследований.**

Проведенными исследованиями установлено (таблица 1), что в секрете молочной железы клинически здоровых коров в период запуска отмечалось возрастание циркулирующих иммунных комплексов на 50,2% ( $P<0,001$ ), соматических клеток – в 4,1 раза ( $P<0,001$ ), нейтрофилов – на 31,2% ( $P<0,05$ ), микробной контаминации молока – в 4,6 раза ( $P<0,001$ ), при снижении содержания лизоцима на 17,8% ( $P<0,05$ ), общих иммуноглобулинов – на 47,3% ( $P<0,01$ ) и количества лимфоцитов – на 19,5% ( $P<0,05$ ) в сравнении с коровами середины лактации.

Данные изменения свидетельствуют о том, что у лактирующих коров в период запуска происходит ослабление иммунной системы с повышением антигенной нагрузки.

**Таблица 1 – Морфо-иммунологические показатели молока клинически здоровых коров в разные периоды лактации**

Показатели, ед. измерения	Ранний послеродовой (n=5)	100-120 дней лактации (n=5)	Период запуска (n=5)
Показатели секрета молочной железы			
Лизоцим	1,28±0,01***	0,84±0,01	0,69±0,01*
Общие Ig, г/л	8,6±0,3***	5,12±0,1	2,70±0,3***
ЦИК г/л	0,126±0,001**	0,215±0,002	0,323±0,001***
СК, тыс/мл	1,165±0,004***	0,143±0,02	0,580±0,03***
Нейтрофилы, %	32,4±3,3	36,2±2,5	47,5±2,3*
Моноциты, %	2,3±0,02	1,4±0,01	2,3±0,01
Лимфоциты, %	65,3±0,2	62,4±0,1	50,2±0,2*
Бак. обсемененность, тыс. КОЕ/мл	0,51±0,02***	0,23±0,03	1,21±0,02***

Примечания: \* $P<0,05$ ; \*\* $P<0,01$ ; \*\*\* $P<0,001$  - степень достоверности в группах ранний послеродовой период и период запуска по отношению к периоду середины лактации.

В свою очередь, в ранний послеродовой период у клинически здоровых коров установлены более выраженные изменения показателей секрета молочной железы в сравнении с коровами середины лактации: установлено возрастание содержания лизоцима – на 52,4% ( $P<0,001$ ), общих иммуноглобулинов – на 67,9% ( $P<0,001$ ), соматических клеток – в 8,1 раза ( $P<0,001$ ), микробной контаминации молока – в 2,2 раза ( $P<0,001$ ), при снижении циркулирующих иммунных комплексов на 41,4% ( $P<0,01$ ).

Следовательно, во время раннего послеродового периода у коров установлены нарушения иммунного статуса, характеризующиеся ослаблением клеточного и гуморального звеньев неспецифического иммунитета, сопровождающиеся повышенной антигенной нагрузкой.

Выявленные изменения в иммунном статусе исследуемых животных могут свидетельствовать о том, что в период запуска и в ранний послеродовый период коровы более подвержены различным заболеваниям, в том числе и маститом.

Заболевание коров субклиническим маститом в ранний послеродовый период и в период запуска (таблица 2) сопровождалось более значительными изменениями морфо-иммунологических показателей секрета молочной железы. У больных субклиническим маститом коров в период запуска, в сравнении с коровами середины лактации, было установлено более высокое содержание циркулирующих иммунных комплексов - на 30,9% ( $P<0,05$ ), соматических клеток – на 64,1% ( $P<0,01$ ), нейтрофилов – на 22,1% ( $P<0,05$ ), микробной контаминации молока – на 31,7% ( $P<0,01$ ), при снижении содержания лизоцима на 43,2% ( $P<0,01$ ), общих иммуноглобулинов – на 29,2% ( $P<0,05$ ), количества моноцитов – на 11,7% и лимфоцитов – на 27,8% ( $P<0,05$ ).

Следовательно, развитие субклинического мастита у коров в период запуска в сравнении с коровами середины лактации сопровождается снижением неспецифической резистентности организма и более высокой антигенной нагрузкой на фоне снижения более сильного ослабления клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности молочной железы.

**Таблица 2 – Морфо-иммунологические показатели молока больных субклиническим маститом коров в разные периоды лактации**

Показатели, ед. измерения	Ранний послеродовый (n=5)	100-120 дней лактации (n=5)	Период запуска (n=5)
Показатели секрета молочной железы			
Лизоцим	0,88±0,01*	1,34±0,01	0,76±0,02**
Общие Ig, г/л	3,1±0,2*	2,4±0,1	1,7±0,02*
ЦИК г/л	0,396±0,001*	0,323±0,003	0,423±0,001*
СК, тыс/мл	1,465±0,12*	1,254±0,21	2,058±0,23**
Нейтрофилы, %	63,4±3,2	55,2±3,3	67,4±2,1*
Моноциты, %	1,3±0,01*	1,7±0,01	1,5±0,01
Лимфоциты, %	35,3±2,5*	43,1±0,2	31,1±1,5*
Бак. обсемененность, тыс. КОЕ/мл	13,6±0,6	12,3±0,7	16,2±1,5**

Примечания: \* $P<0,05$ ; \*\* $P<0,01$ ; \*\*\* $P<0,001$  - степень достоверности в группах ранний послеродовый период и период запуска по отношению к периоду середины лактации.

В ранний послеродовый период у коров, больных субклиническим маститом, в сравнении с коровами середины лактации, в секрете молочной железы содержание циркулирующих иммунных комплексов было выше на 22,6% ( $P<0,05$ ), общих иммуноглобулинов – на 29,2% ( $P<0,05$ ), соматических клеток – на 16,8% ( $P<0,05$ ), нейтрофилов – на 14,8%, микробной контаминации молока – на 10,5%, при снижении содержания лизоцима на 34,3% ( $P<0,05$ ), количества моноцитов – на 23,5% ( $P<0,05$ ) и лимфоцитов – на 18,1% ( $P<0,05$ ).

Таким образом, развитие субклинического мастита у коров в ранний послеродовый период, в сравнении с коровами середины лактации, сопровождается также наиболее высокой антигенной нагрузкой, на фоне ослабления гуморального и клеточного неспецифического иммунитета.

При изучении гомеостаза больных катаральным маститом коров в разные периоды лактации (таблица 3) в секрете молочной железы больных катаральным маститом коров в период запуска, в сравнении с коровами середины лактации, также было установлено более высокое содержание циркулирующих иммунных комплексов – на 26,3% ( $P<0,05$ ), соматических клеток – на 40,9% ( $P<0,01$ ), нейтрофилов – на 13,2% ( $P<0,05$ ), микробной контаминации молока – на 26,6% ( $P<0,05$ ), при снижении содержания общих иммуноглобулинов на 29,2% ( $P<0,05$ ) лизоцима – на 28,4% ( $P<0,05$ ), количества моноцитов – на 20,0% ( $P<0,05$ ) и лимфоцитов – на 49,3% ( $P<0,01$ ).

Следовательно, у коров, больных клинически выраженным катаральным маститом в период запуска, отмечены более выраженные изменения в иммуно-биохимическом статусе, при возрастании антигенной нагрузки.

**Таблица 3 – Морфо-иммунологические показатели молока больных катаральным маститом коров в разные периоды лактации**

Показатели, ед. измерения	Ранний послеродовый (n=5)	100-120 дней лактации (n=5)	Период запуска (n=5)
Показатели секрета молочной железы			
Лизоцим	0,55±0,01*	0,74±0,01	0,53±0,02*
Общие Ig, г/л	1,39±0,2*	1,84,±0,1	1,35±0,2*
ЦИК г/л	0,236±0,001**	0,175±0,002	0,221±0,001*
СК, тыс/мл	3,16±0,02*	2,54±0,03	3,58±0,05**
Нейтрофилы, %	86,4±3,5	78,2±2,3	88,5±2,3*
Моноциты, %	1,3±0,02*	1,5±0,01	1,2±0,01*
Лимфоциты, %	12,3±0,2**	20,3±0,3	10,3±0,1**
Бак. обсемененность, тыс. КОЕ/мл	15,4±2,7*	13,5±1,3	17,2±3,7*

Примечания: \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001 - степень достоверности в группах ранний послеродовый период и период запуска по отношению к периоду середины лактации.

В ранний послеродовый период у коров, больных клинически выраженным катаральным маститом, в секрете молочной железы, в сравнении с коровами середины лактации, также были установлены более значительные изменения показателей неспецифической резистентности вымени, так, у данных животных отмечено высокое содержание циркулирующих иммунных комплексов – на 34,8% (P<0,01), соматических клеток – на 24,4% (P<0,05), нейтрофилов – на 10,5%, микробной контаминации молока – на 14,1% (P<0,05), при сниженном содержании общих иммуноглобулинов – на 24,4% (P<0,05) лизоцима – на 25,7% (P<0,05), количества моноцитов – на 13,3% (P<0,05) и лимфоцитов – на 39,4% (P<0,01).

Развитие воспаления молочной железы у коров раннего послеродового периода также сопровождается повышенной антигенной нагрузкой на фоне снижения гуморальных факторов защиты и клеточного звена неспецифического иммунитета.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования показали, что у коров в ранний послеродовый период и в период запуска, в сравнении с животными середины лактации, установлены нарушения иммунного статуса, характеризующиеся ослаблением клеточного и гуморального звеньев неспецифического иммунитета, сопровождающиеся повышенной антигенной нагрузкой. На этом фоне в данные физиологические периоды лактации коровы наиболее подвержены заболеваниям молочной железы, и во время возникновения воспалительного процесса его течение проходит в более тяжелой форме. У больных маститом коров в период запуска и в ранний послеродовый периоды происходят наиболее глубокие изменения в гомеостазе в сравнении с коровами середины лактации, характеризующиеся возникновением сильной воспалительной реакции на фоне снижения активности клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности молочной железы и нарастания антигенной нагрузки при увеличении микробной контаминации молока.

**Conclusion.** Thus, the studies have shown that in cows during the early postpartum and the drying off periods, in comparison with animals in mid-lactation, disorders of the immune status were detected, characterized by a weakening of the cellular and humoral components of nonspecific immunity, accompanied by an increased antigenic load. Against this background, during these physiological periods of lactation, cows are most susceptible to diseases of the mammary gland and when the inflammatory process occurs, its course is more severe. In cows with mastitis, during the cow drying off and early postpartum periods, the most profound changes in homeostasis occur, in comparison with mid-lactation cows. They are characterized by the occurrence of a strong inflammatory reaction. Against the background of a decrease in the activity of the cellular and humoral components of nonspecific resistance of the mammary gland and an increase in antigenic load with an increase in microbial contamination of milk.

**Список литературы.** 1. Данкверт, А. Пути улучшения качества молока / А. Данкверт, Л. Зернаева // Молочное и мясное скотоводство. – 2003. – № 8. – С. 2–7. 2. Показатели секрета молочной железы клинически здоровых лактирующих коров при применении препарата «проаутовак» для профилактики мастита / В. И. Зимников [и др.] // Ученые записки Учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины. – 2022. – Т. 58, вып. 3. – С. 34-38. - DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-34-38. 3. Зимников, В. И. Показатели секрета молочной железы больных субклиническим маститом коров при применении интерферона-λ / В. И. Зимников, О. А. Манжурина, Е. В. Тюрина // Международный вестник ветеринарии. – 2022. - № 4. - С. 401-406. 4. Олейник, А. Мастит, мастит, мастит / А. Олейник // Молочное и мясное скотоводство. – 2006. – № 7. – С. 26–29. 5. Этиологические и патогенетические аспекты мастита у коров, методы и средства его профилактики и терапии / В. А. Париков [и др.] // Эколого-адаптационная стратегия здоровья и продуктивности животных в современных условиях: монография. –

Воронеж, 2001. – С. 105–113. 6. Костин, А. П. Физиология сельскохозяйственных животных / А. П. Костин, Ф. А. Мещеряков, А. А. Сысоев. – Москва : Колос, 1983. – 312 с. 7. Физиология сельскохозяйственных животных / А. Н. Голиков [и др.]. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 239 с. 8. Актуальные проблемы терапии и профилактики мастита у коров / С. В. Шабунин [и др.] // Ветеринария. – 2011. – №12. – С. 3–6.

**References.** 1. Dankvert, A. Puti uluchsheniya kachestva moloka / A. Dankvert, L. Zernaeva // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2003. – № 8. – С. 2–7. 2. Pokazateli sekreta molochnoj zhelezy klinicheski zdorovyh laktiruyushchih korov pri primenenii preparata «proautovak» dlya profilaktiki mastita / V. I. Zimnikov [i dr.] // Uchenye zapiski Uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 2022. – Т. 58, вып. 3. – С. 34-38. – DOI 10.52368/2078-0109-2022-58-3-34-38. 3. Zimnikov, V. I. Pokazateli sekreta molochnoj zhelezy bol'nyh subklinicheskim mastitom korov pri primenenii interferona-λ / V. I. Zimnikov, O. A. Manzhurina, E. V. Tyurina // Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii. – 2022. – № 4. – С. 401-406. 4. Olejnik, A. Mastit, mastit / A. Olejnik // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2006. – № 7. – С. 26–29. 5. Etiologicheskie i patogeneticheskie aspekty mastita u korov, metody i sredstva ego profilaktiki i terapii / V. A. Parikov [i dr.] // Ekologo-adaptacionnaya strategiya zdorov'ya i produktivnosti zhivotnyh v sovremennyh usloviyah: monografiya. – Voronezh, 2001. – С. 105–113. 6. Kostin, A. P. Fiziologiya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / A. P. Kostin, F. A. Meshcheryakov, A. A. Sysoev. – Moskva : Kolos, 1983. – 312 s. 7. Fiziologiya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh / A. N. Golikov [i dr.]. – Moskva : Agropromizdat, 1991. – 239 s. 8. Aktual'nye problemy terapii i profilaktiki mastita u korov / S. V. SHabunin [i dr.] // Veterinariya. – 2011. – №12. – С. 3–6.

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-13-17  
УДК 636:612.3

### СТРУКТУРНАЯ АДАПТАЦИЯ РУБЦОВОЙ СТЕНКИ У ОВЕЦ К ОТХОДАМ СОЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Карамушкина С.В. ORCID ID 0009-0009-6485-7146, Курятова Е.В. ORCID ID 0000-0002-7282-2447,  
Вадько А.В. ORCID ID 0009-0003-7885-1171, Осипов Я.А. ORCID ID 0000-0003-2079-8040**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, Российская Федерация

*При содержании овец на рационе, основу которого составляют отходы соевого производства, наблюдаются структурные изменения стенки рубца. Они выражаются в изменении плотности расположения рубцовых сосочков, а также их высоты, встречаются сосочки со сросшимися основаниями. Расположение слоев стенки соответствует данным других исследователей, однако толщина стенки и отдельных ее слоев в различных отделах рубца коррелирует со степенью механического воздействия грубых частей корма на участки слизистой оболочки. Наибольшая толщина стенки наблюдается в вентральном мешке рубца и составляет  $2896,8 \pm 152,87$  мкм. **Ключевые слова:** структурная адаптация, стенка рубца, овцы, отходы соевого производства, сосочки рубца.*

### STRUCTURAL ADAPTATION OF RUMEN WALL TO SOYBEAN PRODUCTION WASTES IN SHEEP

**Karamushkina S.V., Kuryatova E.V., Vadko A.V., Osipov Ya.A.**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Far Eastern State Agrarian University",  
Blagoveshchensk, Russian Federation

*Structural changes of the rumen wall are observed in sheep fed soybean production wastes based diet. These changes are expressed in density of cicatricial papillae, as well as in their height; there are papillae with fused bases. The arrangement of wall layers corresponds to the data of other researchers, however, the thickness of the wall and its individual layers in different parts of rumen correlates with the degree of mechanical impact of rough parts of feed on mucous membrane areas. The greatest wall thickness is observed in the ventral sac of the rumen and amounts to  $2896.8 \pm 152.87$  μm. **Keywords:** structural adaptation, rumen wall, sheep, soybean production wastes, cicatricial papillae.*

**Введение.** В Амурской области, как и в других регионах, занимающихся выращиванием сои, в рационе кормления сельскохозяйственных животных основную часть занимают продукты переработки сои и соевые отходы (солома и фураж). Долговременная фенотипическая адаптация органов пищеварительного тракта к меняющимся условиям кормления является основополагающим фактором при выращивании сельскохозяйственных животных на определенном рационе кормления, возможном в данном регионе.

Пищеварительная система овец как представителя жвачных приспособлена для переваривания и усвоения питательных веществ, содержащихся в грубых частях растений. Система преджелудков позволяет переваривать клетчатку и целлюлозу растений и преобразовывать ее в питательные вещества [1].

Питательные вещества, содержащиеся в соломе, заключены в прочный лигнино-целлюлозный комплекс, который слабо разрушается в желудочно-кишечном тракте животных. Поэтому переваримость питательных веществ соломы низкая. Жвачные клетчатку соломы переваривают на 40-45%, а протеин — лишь на 17-20%. Содержание клетчатки в соломе определяет ее кормовое достоинство. В соевой соломе массовая доля сырой клетчатки составляет  $53,7 \pm 3,6\%$ , что в 2 раза больше, чем в соломе злаковых, данный факт не может не оказывать влияния на структурные изменения стенки рубца [2, 3, 4]. Во многих научных работах доказана способность стенки рубца адаптироваться к различным кормовым рационам [5, 6, 7].

**Цель исследований:** изучить влияние соевых отходов на структурные изменения рубцовой стенки у овец.

**Материалы и методы исследований.** Для исследования был отобран материал от овец в возрасте одного года, в основной рацион которых входили отходы соевого производства (солома и фураж). Убой животных осуществляли с хозяйственной целью, для получения продукции овцеводства. Все операции по сбору материала для исследования выполнены согласно директиве по охране животных, используемых в научных целях 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза от 22.09.2010 года [8].

Высоту сосочков рубца и их количество на 1 квадратном сантиметре измеряли с помощью штангенциркуля с точностью 0,1 мм, всего было выполнено по 10 измерений в каждом исследуемом отделе рубца.

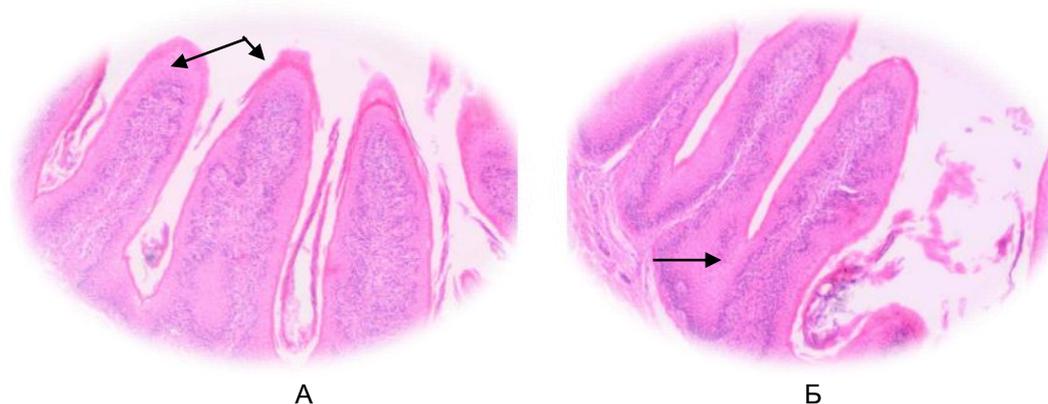
Для гистологических и метрических исследований отбирался свежий материал стенки рубца из трех его отделов: дорсального мешка; вентрального мешка и краниального мешка. Материал отбирали кусочками приблизительно 1x1x1 см. В дальнейшем фиксировали, обезвоживали, просветляли, заливали в парафин, резали срезы на санном микротоме толщиной 5-6 мкм и окрашивали гематоксилином и эозином по общепринятым в гистологии методикам.

На полученных гистологических срезах рубца проводили не менее пяти измерений при увеличении окуляр  $\times 15$ , объектив  $\times 20$ ,  $\times 40$ ,  $\times 90$ , в пяти полях зрения из трех участков рубца. Измеряли толщину рубцовой стенки, серозной, мышечной, подслизистой и слизистой оболочек.

Математическую статистику полученных гистометрических данных выполняли, применяя однофакторный дисперсионный анализ в программе «Primer of Biostatistics 4.03» для Windows. Достоверными считали показатели при  $p \leq 0,05$ .

Анатомические и гистологические термины, используемые в данной работе, удовлетворяют требованиям международной номенклатуры [9].

**Результаты исследований.** В слизистой оболочке рубца при микроскопии визуализировались сочки (ворсинки) различной формы: овальные, листовидные, нитевидные, грушевидные, цилиндрические. В вентральном мешке и преддверье рубца встречались сосочки со сросшимся основанием (рисунок 1).



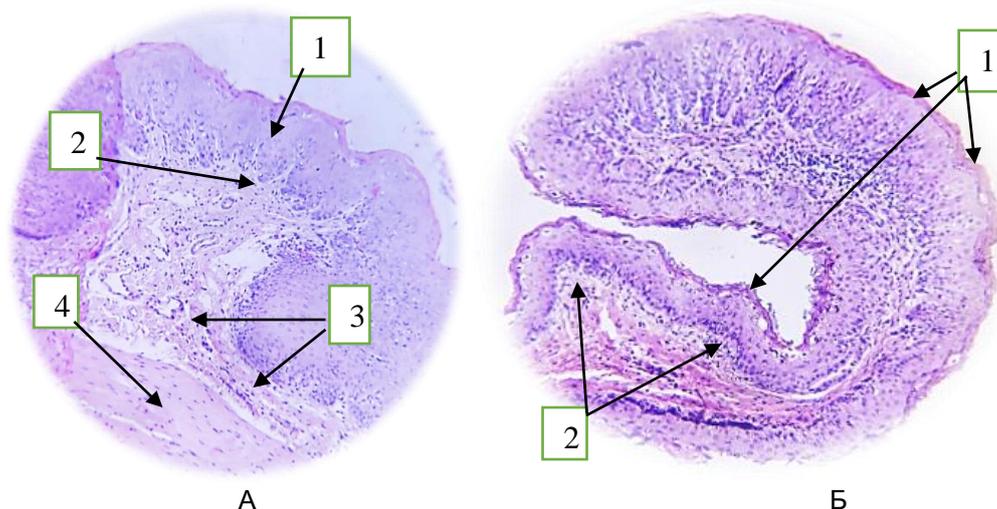
**Рисунок 1 – Рубцовые ворсинки различной формы. А - нитевидные ворсинки. Б - сосочки, сросшиеся основаниями. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение  $\times 40$**

Нами была определена высота и количество сосочков на одном квадратном сантиметре. Наибольшее число их было выявлено в преддверии рубца, и это на 29,6% больше, чем в дорсальном мешке и на 23,1%, чем в вентральном мешке (таблица 1). Там же отмечались и самые высокие сосочки, их высота превышала данный показатель на 51,6% в дорсальном и на 14,3% – в вентральном мешках.

**Таблица 1 – Количество и высота сосочков в рубце овец годовалого возраста,  $M\pm m$ ,  $n=30$** 

Параметры	Отделы рубца		
	Преддверье	Дорсальный мешок	Вентральный мешок
Количество на 1 см <sup>2</sup> , шт.	71,9±1,25	50,6±0,61	55,3±1,12
Высота сосочков, см	1,26±0,025	0,61±0,021	1,08±0,031

Рубцовая стенка имеет строение, характерное для всей пищеварительной трубки, представлена тремя оболочками: серозной, мышечной и слизистой (рисунок 2 А). Слизистая оболочка покрыта плоским многослойным ороговевающим эпителием, основной пластинкой сформированы ворсинки, разнообразные по форме (овальные, листовидные, нитевидные, грушевидные, цилиндрические) и величине.



**Рисунок 2 – Стенка и ворсинка дорсального мешка рубца в продольном разрезе. А – стенка рубца: 1 – слизистая оболочка, 2 – собственная пластинка слизистой оболочки; 3 – подслизистый слой; 4 – мышечный слой. Б – ворсинка рубца: 1 - гребни; 2 – вращение собственной пластинки слизистой оболочки. Увеличение  $\times 100$**

Рыхлой волокнистой соединительной тканью, содержащей большое количество кровеносных сосудов, представлена собственная пластинка слизистой оболочки, которая ламинарно переходит в подслизистый слой. На поверхности ворсинок имелись гребни (рисунок 2 Б), это небольшие волнообразные выпячивания, которые образуются в результате погружения рыхлой волокнистой соединительной ткани собственной пластинки слизистой оболочки в базальный слой многослойного плоского ороговевающего эпителия. Подслизистый слой, помимо кровеносных сосудов, содержит большое количество коллагеновых и эластических волокон, желез. Мышечная оболочка представлена гладкой мышечной тканью и состоит из двух слоев продольного (наружный) и циркулярного (внутренний). Серозная оболочка представлена рыхлой волокнистой оформленной соединительной тканью, снаружи покрыта однослойной плоской эпителиальной тканью – мезотелием.

Совокупность величин слизистой и подслизистой оболочек в среднем составляла 393,4 мкм и изменялась в границах от 294,6 мкм до 482,4 мкм. При анализе полученных нами гистометрических показателей сразу же обращает на себя внимание то, что толщина слизистой оболочки преддверья рубца в среднем на 12,9% больше, по сравнению с таковой в дорсальном и вентральном мешках (таблица 2). Тогда как наибольший размер подслизистой оболочки был выявлен в вентральном мешке рубца и превышал таковые в преддверье рубца на 24,2%, в дорсальном мешке – 12,4%.

**Таблица 2 – Гистометрическая характеристика стенки рубца овец в возрасте одного года,  $M\pm m$ ,  $n=30$** 

Параметры	Толщина, мкм				
	Слизистой оболочки	Подслизистой оболочки	Мышечной оболочки	Серозной оболочки	Стенки рубца
Преддверье рубца	142,8±73,10	151,8±84,19	2410,0±205,02	114,0±21,81	2818,6±214,12
Дорсальный мешок	107,6±29,18	295,6±35,87	1452,0±110,85	81,4±10,83	1936,6±108,30
Вентральный мешок	114,8±47,08	367,6±125,76	2297,6±142,77	116,8±45,07	2896,8±152,87

Мышечная пластинка в слизистой оболочке не визуализировалась, встречались лишь единичные гладкомышечные клетки.

Полученные нами данные по расположению в рубцовых сосочках клеток гладкомышечной ткани не противоречат данным [10] о том, что у молодняка крупного рогатого скота в слизистой оболочке гладкомышечные клетки заходят в ворсинки, мышечные волокна располагаются в основном у основания ворсинок, а у взрослых животных они распределяются в центре ворсинок, у основания ворсинок размещаются редкие клетки.

Мышечную оболочку составляли два слоя гладкомышечной ткани: внутренний кольцевой и наружный продольный. Ее толщина в среднем составляла  $2053 \text{ мкм}$  и изменялась от  $1452,0 \pm 110,85 \text{ мкм}$  до  $2297,6 \pm 142,77 \text{ мкм}$ . В преддверье рубца величина данной оболочки была максимальной по отношению к вентральному мешку на 4,7%, к дорсальному – на 39,8%. Серозная оболочка рубца овец по своему гистологическому строению была характерной для желудочно-кишечного тракта других жвачных животных и состояла из рыхлой волокнистой оформленной соединительной ткани и мезотелия. Средняя толщина серозной оболочки составила  $104,1 \text{ мкм}$  и колебалась в пределах от  $116,8 \pm 45,07 \text{ мкм}$  в вентральном мешке до  $81,4 \pm 10,83 \text{ мкм}$  в дорсальном. Толщина стенки рубца в среднем составляла  $2550,7 \text{ мкм}$ . Наибольшая величина отмечалась в вентральном и краниальном (преддверье) мешках, а в дорсальном была ниже в среднем на 32,2%.

**Заключение.** Основываясь на полученных нами результатах, можно утверждать, что у овец, в основной рацион которых входили отходы соевого производства, стенка рубца имеет типичное классическое гистологическое строение, характерное для всех видов жвачных животных. Полученные нами данные совпадают с результатами работы других авторов, которые установили, что при рассмотрении слизистой оболочки преджелудков у белорусской черно-пестрой породы скота эпителиальный слой слизистой оболочки состоит из базального, шиповатого, зернистого, блестящего и рогового слоев и похож на эпителий эктодермального типа, причем в некоторых случаях отдельные слои могут отсутствовать [11].

В зависимости от пищеварительной нагрузки на каждый отдел рубца высота и плотность расположения сосочков варьируют. Максимальные показатели регистрировались в вентральном мешке в области преддверья рубца, где плотность расположения сосочков на  $1 \text{ см}^2$  составляет  $71,9 \pm 1,25$  шт., а высота сосочков достигает 1,3 см. Данные показатели коррелируют со степенью механического раздражения различных отделов слизистой оболочки рубца грубыми частями корма и свидетельствуют о структурной адаптации рубца овец к отходам соевого производства.

**Conclusion.** Based on our findings, it can be stated that in sheep whose main diet included soybean wastes, the rumen wall has a typical classic histological structure, characteristic of all types of ruminants. The data we obtained coincide with the results of the work of other authors, who found that when considering the mucous membrane of the proventriculus in the Belarusian black-and-white breed of cattle, the epithelial layer of the mucous membrane consists of the basal, spinous, granular, translucent and cornified layers and is similar to the epithelium of the ectodermal type, and in some cases, individual layers can be missing [11].

Depending on the digestive load on each section of the rumen, the height and density of the papillae vary. The maximum indicators were recorded in the ventral sac in the area of the rumen vestibule, where the density of papillae per  $1 \text{ cm}^2$  is  $71.9 \pm 1.25$  papillae, and the height of the papillae reaches 1.3 cm. These indicators correlate with the degree of mechanical irritation of various sections of the mucous membrane of the rumen with coarse parts of the feed and indicates the structural adaptation of the sheep rumen to wastes from soybean production.

**Список литературы.** 1. Михайлов, Д. Г. Особенности гистологического строения рубца мелкого рогатого скота / Д. Г. Михайлов // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск : ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2021. – Т. 2. - С. 270-274. – EDN AEХJQJ. 2. Карамушкина, С. В. Перспективы использования отходов производства сои в овцеводстве / С. В. Карамушкина, А. В. Вадько // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: материалы Всероссийской научно-практической конференции: в 2-х частях, Благовещенск, 21 апреля 2021 года / Дальневосточный государственный аграрный университет. – Благовещенск : ДГАУ, 2021. – Ч. 2. - С. 52-55. – EDN HDIAIH. 3. Герасимович, А. И. Влияние кормовых добавок из местных кормовых ресурсов на биологические и продуктивные показатели молодняка свиней в условиях Приамурья / А. И. Герасимович, Т. А. Краснощекова, Н. М. Костомахин // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2019. – № 9. – С. 3-12. – EDN VFBALQ. 4. Влияние скармливания йодированного и селенобогатенного соевого белка на продуктивность крупного рогатого скота и свиней / С. Н. Кочегаров [и др.] // Зоотехния. – 2011. – № 3. – С. 15-16. – EDN NDRLTB. 5. Структурно-метаболические процессы в рубце и влияние на них факторов питания (теоретические и практические аспекты пищеварения у жвачных животных) / В. В. Малашко [и др.] // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сборник научных трудов / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно : ГГАУ, 2016. – Т. 33. - С. 88-100. – EDN XAXXTB. 6. Тумилович, Г. А. Адаптивные и функциональные особенности слизистой оболочки рубца коров / Г. А. Тумилович // Наше сельское хозяйство. – 2021. – № 4(252). – С. 40-47. – EDN YEOVTX. 7. Хацаева, Р. М. Морфофункциональные критерии желудка и его камер для классификации представителей

Caprinae по типам питания / Р. М. Хацаева // *Sciences of Europe*. – 2016. – № 2-2(2). – С. 106-112. – EDN WSWXIB. 8. Директива 2010/63/ EU Европейского парламента и Совета Европейского Союза/ Rus-LASA НП Объединение специалистов по работе с лабораторными животными. Рабочая группа по переводам и изданию тематической литературы.- СПб., 2012. – 50 с. 9. *Nomina anatomica veterinaria*. – 6-th edition. – Hanover, Ghent, Columbia, Rio de Janeiro: World Association of Veterinary Anatomists, 2017. – 160 p. 11. *Nomina histologica veterinaria: World Association of Veterinary Anatomists*, [Electronic resource] [www.wava-amav.org](http://www.wava-amav.org) 2017. – 66 p. 12. Тумилович, Г. А. Структурно-функциональна организация пищеварительного тракта телят: монография / Г. А. Тумилович, Д. Н. Харитоник. – Гродно: ГГАУ, 2015. – 275 с. 13. *Morfologia do estômago do cervo-do-pantanal (Blastocerus dichotomus, Illiger 1815) / M. R. F. Machado [et al.] // Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. – 2015. – Vol. 67, № 2. – P.424–432.

**References.** 1. Mikhailov, D. G. Features of the histological structure of small cattle rumen / D. G. Mikhailov // *Scientific works of students of Izhevsk State Agricultural Academy / Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Izhevsk State Agricultural Academy"*. – Izhevsk: Izhevsk State Agricultural Academy, 2021. – Vol. 2 (13). – P. 270-274. – EDN AEXJQJ. 2. Karamushkina, S. V. Prospects for the use of soybean production waste in sheep farming / S. V. Karamushkina, A. V. Vadko // *Agro-industrial complex: problems and prospects for development: Materials of the All-Russian scientific and practical conference. In 2 parts, Blagoveshchensk, April 21, 2021*. – Blagoveshchensk: Far Eastern State Agrarian University, 2021. – Vol. 2. – P. 52-55. – EDN HDIAIH. 3. Gerasimovich, A. I. The influence of feed additives from local feed resources on the biological and productive indicators of young pigs in Priamurye / A. I. Gerasimovich, T. A. Krasnoshchyokova, N. M. Kostomakhin // *Feeding farm animals and fodder production*. – 2019. – № 9. – P. 3-12. – EDN BFBALQ. 4. The effect of feeding iodized and selenium-enriched soy protein on the productivity of cattle and pigs / S. N. Kochegarov [et al.] // *Zootecnics*. – 2011. – № 3. – P. 15-16. – EDN NDRLTB. 5. Structural and metabolic processes in the rumen and the influence of nutritional factors on them (theoretical and practical aspects of digestion in ruminants) / V. V. Malashko [et al.] // *Agriculture - problems and prospects: Collection of scientific papers / Grodno State Agrarian University*. – Grodno, 2016. – Vol. 33. – P. 88-100. – EDN XAXXTB. 6. Tumulovich, G. A. Adaptive and functional features of cow rumen mucosa / G. A. Tumulovich // *Our agriculture*. – 2021. – № 4(252). – P. 40-47. – EDN YEOVTX. 7. Khatsaeva, R. M. Morphofunctional criteria of the stomach and its chambers for the classification of representatives of Caprinae by type of nutrition / R. M. Khatsaeva // *Sciences of Europe*. – 2016. – № 2-2(2). – P. 106-112. – EDN WSWXIB. 8. Directive 2010/63/ EU European Parliament and Council of the European Union / Rus-LASA NP Association of specialists in working with laboratory animals. Working group on translations and publication of thematic literature. St. Petersburg: 2012. – 50 p. 9. *Nomina anatomica veterinaria*. – 6-th edition. – Hanover, Ghent, Columbia, Rio de Janeiro: World Association of Veterinary Anatomists, 2017. – 160 p. 10. *Nomina histologica veterinaria: World Association of Veterinary Anatomists*, [Electronic resource] [www.wava-amav.org](http://www.wava-amav.org) 2017. – 66 p. 11. Tumulovich, G. A. Structural and functional organization of the digestive tract of calves: monograph / G. A. Tumulovich, D. Kh. Kharitonik. – Grodno: Grodno State Agrarian University, 2015. – 275 p. 12. *Morfologia do estômago do cervo-do-pantanal (Blastocerus dichotomus, Illiger 1815) / M. R. F. Machado [et al.] // Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. – 2015. – Vol. 67, № 2. – P.424–432.

Поступила в редакцию 15.04.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-17-26

УДК 636.028:611:615.214

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛИТИЯ ТАУРАТА НА ОРГАНЫ КРЫС

Лях А.Л. ORCID ID 0000-0003-1255-4863, Минич А.В. ORCID ID 0009-0005-4153-3932, Панковец Е.М.

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

В работе изучено патогистологическое действие лития таурата, применяемого в течение 90 суток внутрижелудочно неимбредным крысам. Установлен ряд морфологических изменений в почках, печени, тонком кишечнике и миокарде самцов и самок крыс. **Ключевые слова:** лития таурат, крысы, патогистология.

## MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF THE EFFECT OF LITHIUM TAURATE ON THE ORGANS OF RATS

Lyakh A.L., Minich A.V., Pankovets E.M.

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

The work studied the pathohistological effect of lithium taurate administered intragastrically to non-imbred rats for 90 days. A number of morphological changes was established in the kidneys, liver, small intestine and myocardium of male and female rats. **Keywords:** lithium taurate, rats, pathohistology.

**Введение.** Использование антистрессовых препаратов в животноводстве является одним из важных аспектов ветеринарной медицины. Имеются данные о применении аскорбата лития в качестве такого препарата в свиноводстве. Проведен биоинформационный анализ взаимосвязей между ионом лития и белками клеточного протеома для выяснения системных механизмов физиологиче-

ского действия препаратов аскорбата лития, а также возможных ограничений условий и условий их практического применения [4]. Применение аскорбата лития в дозировках 10 и 5 мг/кг живой массы тела позволяет получить повышение привесов живой массы на 16 и 13% соответственно и повысить категориальность мясных туш [3]. В медицине соли лития применяются при лечении биполярного аффективного расстройства [4], а также в качестве противовирусного препарата [8]. Испытано применение карбоната лития у животных с депрессивно-подобным состоянием и наличием новообразований [1]. Российскими учеными синтезированы новые препараты - органические соли лития с оксиглицинном и лития с  $\gamma$ -аминомасляной кислотой с целью их использования для повышения стрессустойчивости и неспецифической резистентности продуктивных животных [2, 6].

Разработка и внедрение препаратов в медицине является сложным многоэтапным процессом, требующим профессионального подхода, ответственного отношения и наличия дорогостоящего оборудования. При этом импортозамещение в отечественной фармацевтической индустрии призвано обеспечить «лекарственный суверенитет» и здоровье наших граждан, независимо от конъюнктуры рынка и политической обстановки. Одним из этапов разработки препарата является его доклиническое исследование, проводимое на лабораторных животных. Зачастую такими моделями для испытания являются крысы [7]. Изучение морфологии органов данных животных в разного рода экспериментах позволяет учесть все негативные стороны воздействия искомой субстанции на живой организм.

**Цель:** изучить в субхроническом эксперименте влияние на морфологию внутренних органов неимбранных крыс субстанции лития таурата (ЛТ) при внутрижелудочном введении в течение 90 суток.

**Материалы и методы исследований.** Материалом для исследования послужили самцы и самки неимбранных половозрелых крыс. Из них сформировали 1 экспериментальную группу крыс (по 10 самцов и 10 самок в каждой), которым ежедневно на протяжении 90 дней по схеме, указанной в таблице 1, внутрижелудочно вводили субстанцию ЛТ. Отдельно сформировали группу интактных животных (10 самок и 10 самцов). Исследование проводили отдельно для самок и самцов.

**Таблица 1 – Дизайн исследования**

Группа	Пол	Всего животных	Эвтаназия через 1 сутки после 90 суток введения	Доза субстанции, мг/кг	Способ введения
опытная сублетальная доза	самцы	10	10	390	внутрижелудочно
	самки	10	10	390	
интактные животные	самцы	10	10	–	–
	самки	10	10	–	

Сублетальную дозировку для крыс рассчитывали исходя из данных острого эксперимента и определения из расчета 1/10 от пятидесятипроцентной летальной дозы. Для удобства введения готовили 4% водный раствор субстанции ЛТ, дозировка которого приведена в таблице 2. В качестве растворителя использовали очищенную воду.

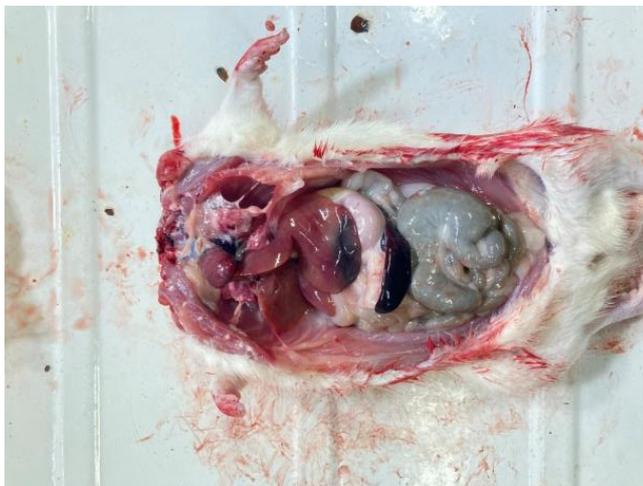
**Таблица 2 – Величины экспозиционных доз при внутрижелудочном введении субстанции ЛТ неимбранным крысам в субхроническом опыте**

Пол животных	Величина экспозиционной дозы при ежедневном введении	
	в мг/кг	объем в мл 4% р-ра / 200 г массы тела
самцы	390	1,95
самки	390	1,95

Выведение животных из эксперимента проводили через 1 сутки после окончания курса введения субстанции ЛТ. У всех определяли массу тела и массу органов. От 5 самцов и самок каждой группы отбирали кусочки печени, почки, сердца, легкого, желудка, сердца, селезенки, тимуса, тонкого кишечника, головного мозга, надпочечник. Пробы органов фиксировали в 10%-ном забуференном формалине в течение 48 часов, после чего изготавливали из них парафиновые срезы по общепринятой методике в НИИПВМиБ УО ВГАВМ. Проводку материала проводили с использованием процессора для гистологической обработки YD-2900 YIDI Medical, заливку в парафин – в модульной системе для заливки тканей YD-6LA YIDI Medical, изготавливали гистологические срезы на ротационном полуавтоматическом микротоме YD-335A YIDI Medical. Депарафинирование и окрашивание срезов гематоксилином и эозином проводили в станции окрашивания тканей YABO-700 YIDI Medical. Микроскопирование гистологических препаратов осуществляли с помощью микроскопа Olympus BX-51, снабженного цифровой камерой CX-31 и программным обеспечением Cell A.

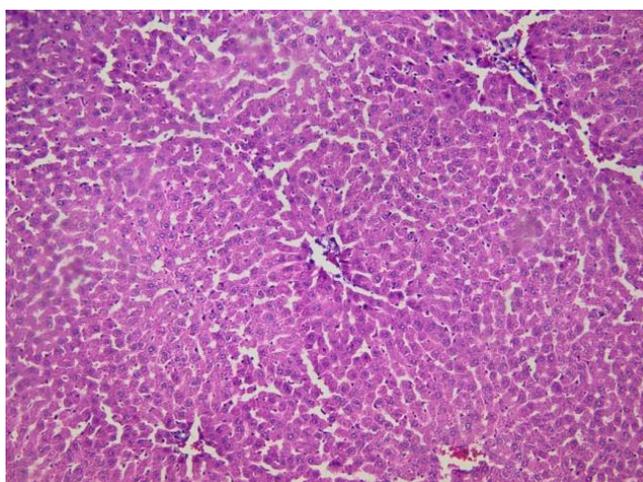
**Результаты исследований.** После 90 суток внутрижелудочного применения ЛТ было установлено, что масса тела опытных самок крыс составила  $240,9 \pm 19,5$  г, что было меньше, чем у интактных крыс, на 33,1 г ( $P \leq 0,01$ ). У самцов наблюдали аналогичный результат: у крыс контрольной группы масса составила  $384,1 \pm 9,05$  г, а в опытной группе –  $323,5 \pm 12,76$  г ( $P \leq 0,01$ ). Масса исследуемых органов в контрольной и опытной группах не имела значимых и достоверных различий.

**Макроскопические** патологоанатомические изменения в интактной группе самок и самцов крыс не выявлены. Органы грудной и брюшной полости располагались анатомически правильно. Цвет и размер их соответствовал половозрастной норме. Постороннее содержимое в полостях отсутствовало (рисунок 1).



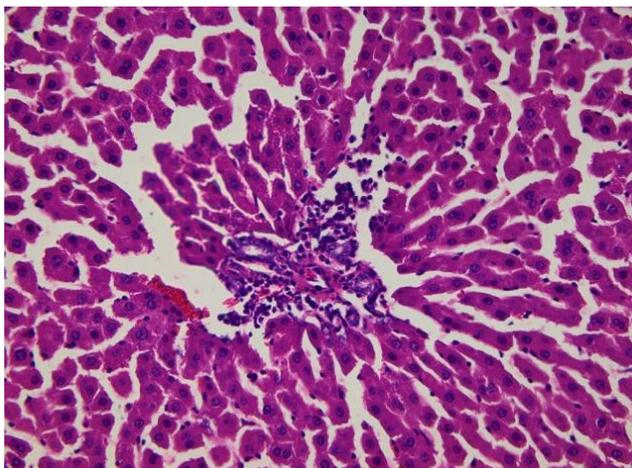
**Рисунок 1 – Органы крысы интактной группы**

**Печень.** Гистологическое строение печени соответствовало видовой норме, структура балочного строения долек сохранена. Междольковые прослойки соединительной ткани не визуализируются. Центральные и междольковые вены запустевшие, пространства Диссе не определяются. Гепатоциты кубической формы с оксифильной цитоплазмой и базофильным округлым ядром. Видимых патогистологических изменений не выявлено (рисунок 2).



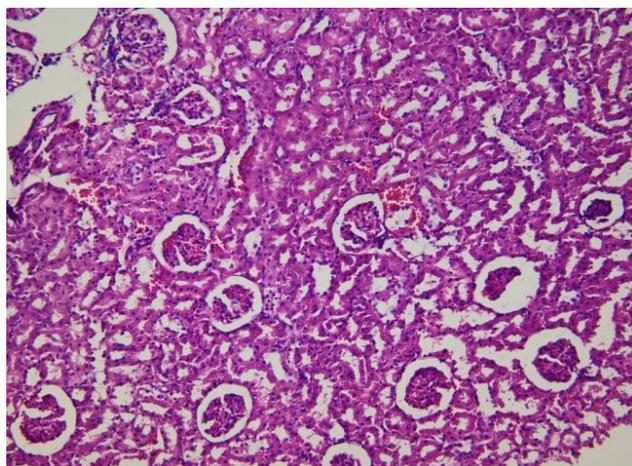
**Рисунок 2 – Печень крысы интактной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

У крыс опытной группы отмечены лимфоцитарные пролифераты в интерстициальной ткани, признаки декомплексации балок, увеличение пространств Диссе, а также выраженная зернистая дистрофия гепатоцитов (рисунок 3). При этом у самок крыс по сравнению с самцами описанные процессы имели больший масштаб, в отдельных участках выявляли признаки вакуольной дистрофии в гепатоцитах, что можно расценивать как поражение большей степени тяжести.



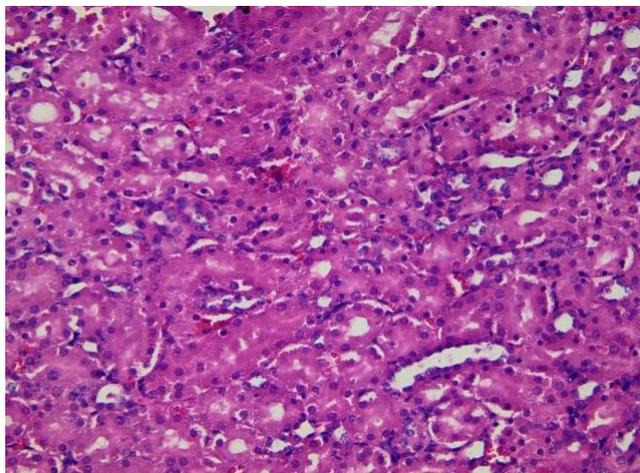
Увеличение пространств Диссе. Лимфоцитарные инфильтраты в интерстиции  
**Рисунок 3 – Печень самки крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 400**

**Почки** крыс интактной группы сохраняли характерное гистологическое строение. В корковом веществе почек наблюдался незначительный отек клубочков, о чем свидетельствовало увеличение пространства между наружной стенкой капсулы нефрона и капиллярным клубочком (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Отек клубочков в почке крысы интактной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

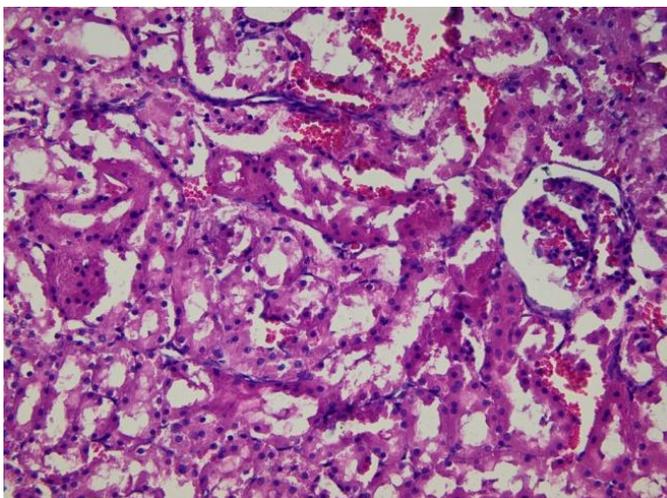
В эпителии отдельных извитых канальцев нефрона находили признаки зернистой дистрофии, на что указывало появление зерен в цитоплазме и просвете канальца с сужением либо закрытием последнего (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Признаки зернистой дистрофии эпителиа извитых канальцев нефрона у крысы интактной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 400**

В мозговом веществе отмечали умеренное расширение просвета собирательных трубочек. Вышеописанные признаки были выявлены у самцов и самок крыс интактной группы.

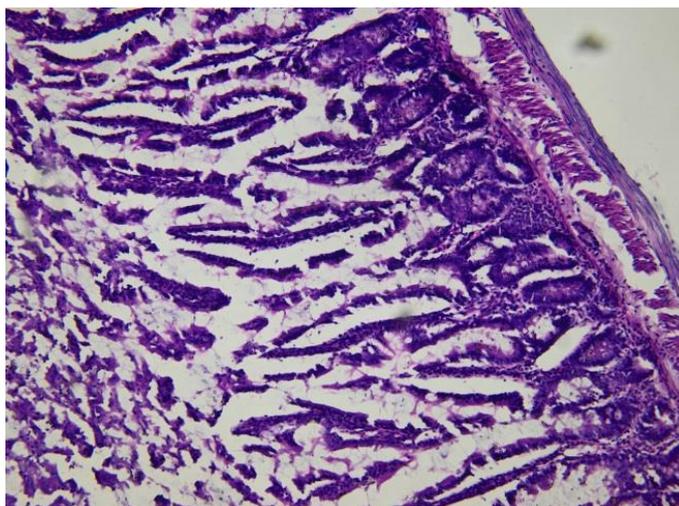
В опытной группе крыс в коре также выявляли умеренный отек клубочков. При этом, патологические изменения в мозговом веществе характеризовались вакуольной дистрофией эпителия почечных канальцев с очаговой деструкцией клеток и кровоизлияниями. Также отмечали вакуольную дистрофию эпителия собирательных трубок с очагами некробиоза и кровоизлияниями (рисунок 6). Вышеописанные процессы характеризуют достаточно высокую степень нефротоксичности испытуемой субстанции. У самок данные изменения выражены в большей степени, чем у самцов.



Вакуольная дистрофия с некробиозом эпителия почечных канальцев, кровоизлияния, отек клубочка

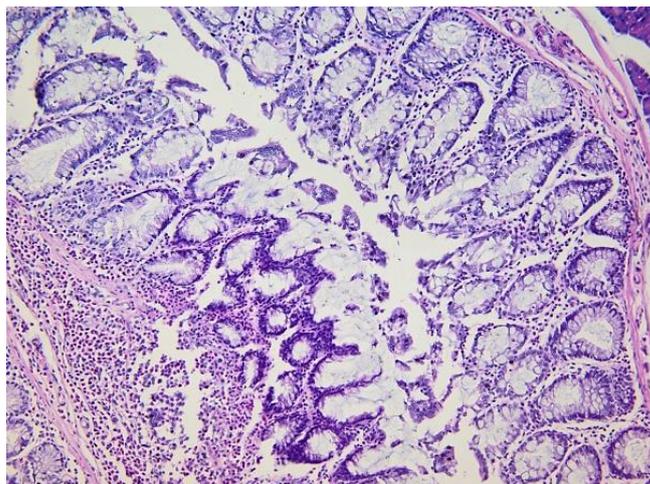
**Рисунок 6 – Почка самца крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 400**

**Тонкий кишечник.** Оболочки тонкой кишки хорошо визуализировались. Ворсинки слизистой оболочки сохранены, покрыты каемчатым эпителием. Бокаловидные клетки характерной формы, что указывает на их умеренную секреторную активность. В собственной пластинке слизистой оболочки выявляли единичные диффузно локализованные лимфоциты, в отдельных участках обнаруживали формирование лимфоидных узелков малого размера (рисунок 7). Наличие диффузной и узелковой лимфоидной ткани в незначительном объеме указывает на выраженный защитный барьер в тонкой кишке.



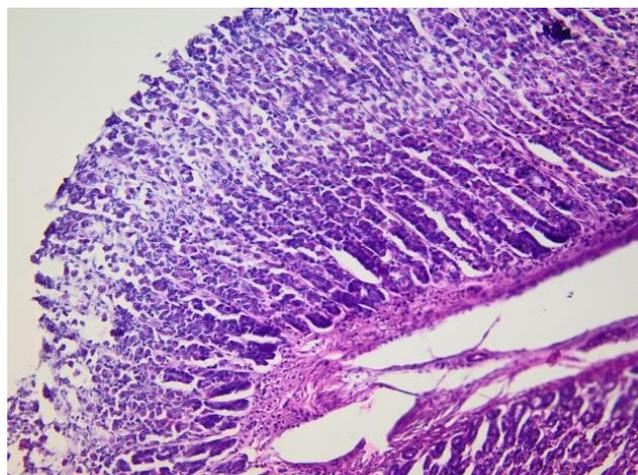
**Рисунок 7 – Мелкие лимфоидные узелки в собственной пластинке слизистой оболочки у крысы интактной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

В опытной группе крыс установлена обширная инфильтрация собственной пластинки слизистой оболочки лимфоцитами и плазмоцитами, десквамация эпителия ворсинок, гиперсекреция бокаловидных клеток (рисунок 8). Это указывает на включение защитно-приспособительных механизмов по усилению барьерной функции вследствие нарушения проницаемости кишечной стенки. У самок данные процессы были выражены более отчетливо.



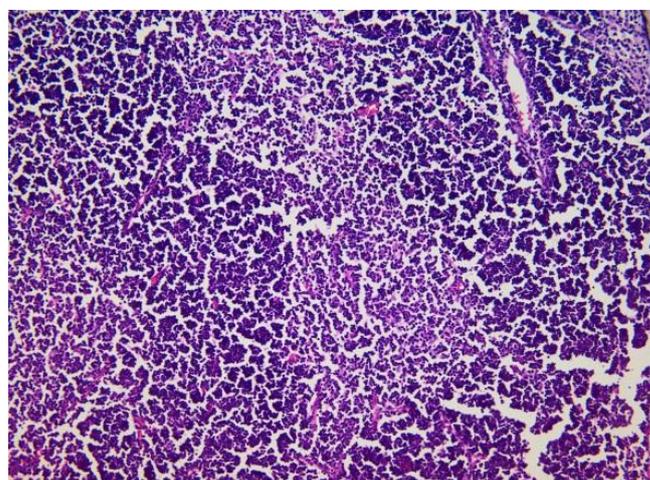
**Рисунок 8 – Слизистая оболочка тощей кишки у самца крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Желудок.** Гистологическое строение стенки желудка крыс интактной группы обоих полов соответствовало видовой норме. Слизистая оболочка покрыта цилиндрическим секреторным эпителием. Просвет желез свободен (рисунок 9).



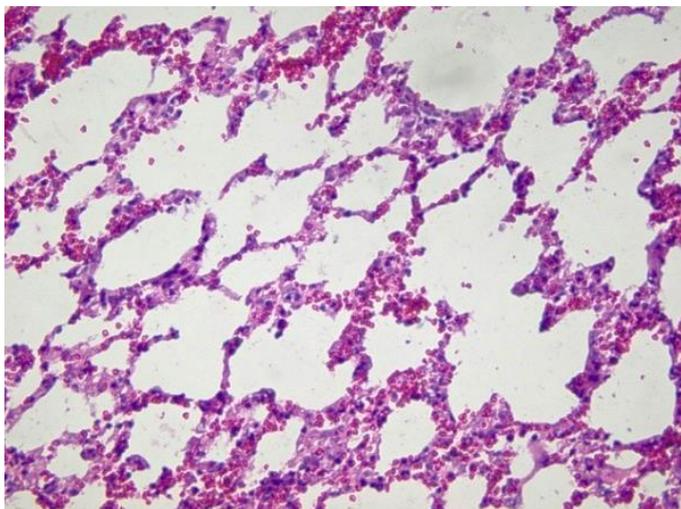
**Рисунок 9 – Слизистая оболочка желудка у крысы интактной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Тимус.** Гистологическое строение тимуса крыс интактной и опытной группы обоих полов соответствовало видовой норме, корковое и мозговое вещество хорошо выражено, плотность лимфоцитов в корковом веществе высокая, тельца Гассалья единичные (рисунок 10).



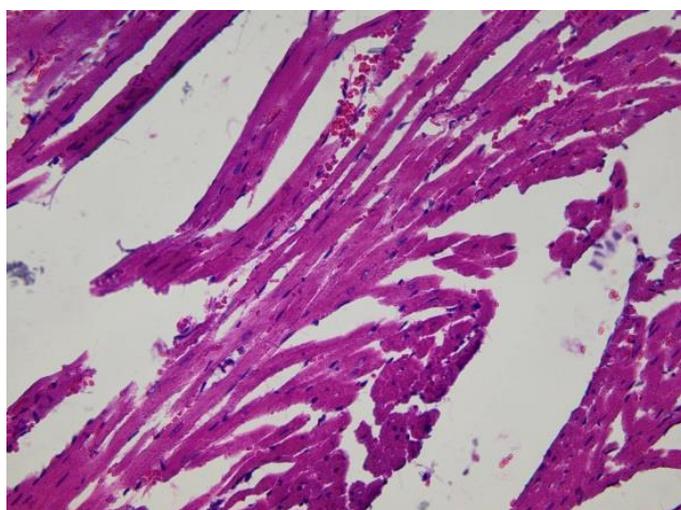
**Рисунок 10 – Долька тимуса у крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Легкое.** Гистологическое строение органа у крыс опытной и интактной группы обоих полов соответствует видовой норме: рисунок альвеолярного строения выражен, стенка бронхов и альвеол без видимой патологии, сосудистое русло умеренно полнокровное (рисунок 11).



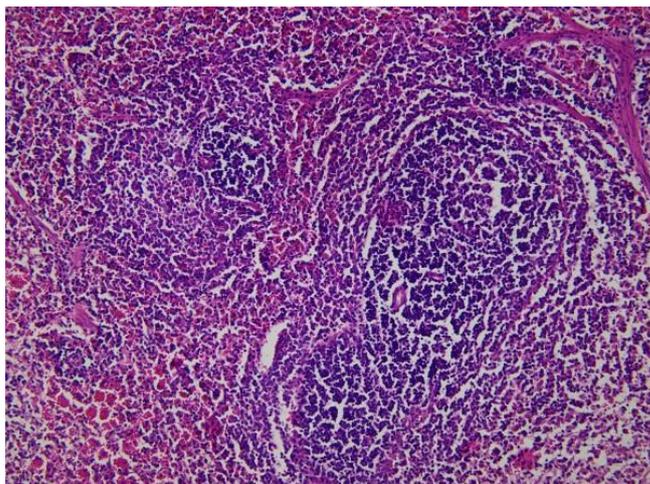
**Рисунок 11 – Легкое у крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Миокард.** Гистологическое строение у крыс интактной группы обоих полов соответствует видовой норме: волокнистое строение выражено, поперечная исчерченность сохранена. У крыс опытной группы в миокарде отметили развитие умеренного отека с разрыхлением мышечных волокон, а также сглаживание поперечной исчерченности (рисунок 12). При этом у самок опытной группы вышеописанные процессы проявлялись ярче, в отдельных волокнах миокарда была отмечена фрагментация. Данный факт свидетельствует о гендерном различии у крыс в восприимчивости к препарату.



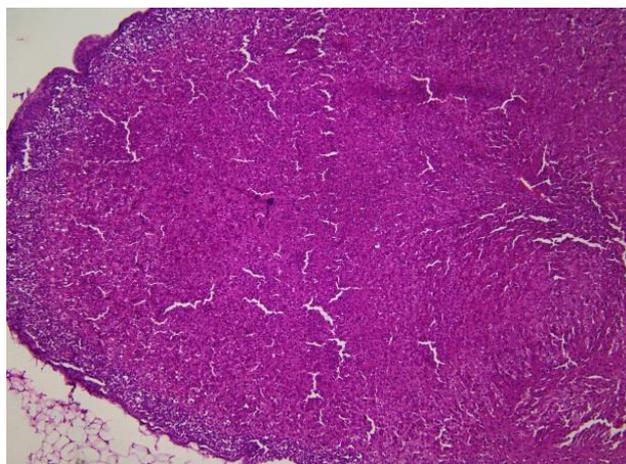
**Рисунок 12 – Развитие умеренного отека миокарда у самки крысы опытной группы. Окраска гематоксилин-эозином, х 400**

**Селезенка.** Гистологическое строение селезенки в опытной и контрольной группах крыс обоих полов соответствовало видовой норме: структура селезенки сохранена, белая пульпа представлена многочисленными лимфоидными узелками с высокой плотностью лимфоцитов в них (рисунок 13).



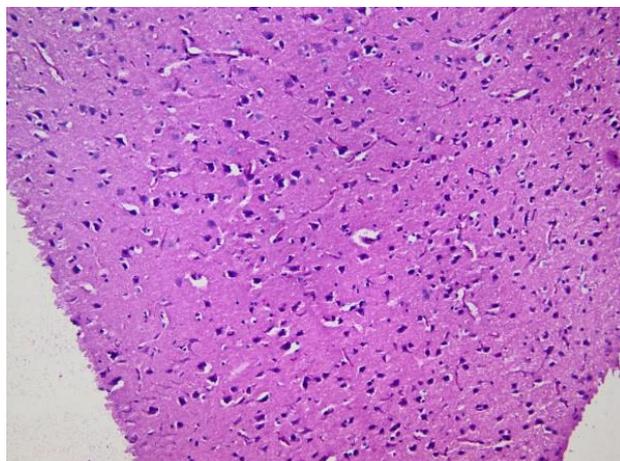
**Рисунок 13 – Лимфоидные узелки в селезенке у самца крысы опытной группы.  
Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Надпочечник.** Гистологическое строение надпочечников у крыс обеих групп соответствовало видовой норме: корковая и мозговая зоны различимы хорошо, обилия жировых вакуолей и наличия кровоизлияний в коре не отмечено (рисунок 14).



**Рисунок 14 – Кора надпочечника у самца крысы опытной группы.  
Окраска гематоксилин-эозином, х 125**

**Головной мозг.** Гистологическое строение коры полушарий мозга в обеих группах крыс соответствует видовой норме. Плотность нейроцитов в коре высокая, сосудистое русло запертое, вакуолизации, признаков отека и воспаления не отмечено (рисунок 15). Гендерные различия отсутствуют.



**Рисунок 15 – Участок коры полушария головного мозга у самки крысы опытной группы.  
Окраска гематоксилин-эозином, х 200**

**Заключение.** Введение лития таурата в виде 4%-ного водного раствора в течение 90 суток самцам и самкам неимбредных крыс не вызывает видимых макроскопических изменений во внутренних органах. При этом отмечено достоверное снижение массы тела у самцов опытной группы крыс на 60,6 г ( $P \leq 0,01$ ), а у самок этой же группы – на 33,1 г ( $P \leq 0,01$ ).

Гистологические исследования показали, что органами-мишенями для испытуемого препарата являются печень, почки, тонкий кишечник и миокард.

Микроморфологические изменения в данных органах проявляются следующим образом:

- в печени – развивается зернистая дистрофия, с последующей декомплексацией балочного строения, развитием вакуольной дистрофии и интерстициального очагового воспаления;

- в почках – развивается отек клубочков, зернистая и вакуольная дистрофия эпителия почечных канальцев, вакуольная дистрофия эпителия собирательных трубочек, очаговые кровоизлияния. В отдельных участках отмечали наличие очаговых некробиотических процессов с деструкцией почечной паренхимы;

- в тонком кишечнике – инфильтрация собственной пластинки слизистой оболочки лимфоцитами с гиперсекрецией бокаловидных клеток. В отдельных участках отмечали сильную диффузную инфильтрацию собственной пластинки слизистой оболочки, а также формирование лимфоидных узелков;

- в миокарде – отек межволокнуистой соединительной ткани с потерей поперечной исчерченности и очаговой фрагментацией волокон.

У самок крыс опытной группы отмеченные процессы были более выражены, чем в аналогичной группе самцов.

**Conclusion.** Administration of lithium taurate in the form of a 4% aqueous solution for 90 days to male and female non-inbred rats does not cause visible macroscopic changes in the internal organs. At the same time, a significant decrease in body weight was noted in males of the experimental group of rats by 60.6 g ( $P \leq 0.01$ ), and in females of the same group – by 33.1 g ( $P \leq 0.01$ ). Histological studies have shown that the target organs for the test drug are the liver, kidneys, small intestine and myocardium. Micromorphological changes in these organs manifest themselves as follows:

- in the liver – granular dystrophy develops, followed by decomplexation of the beam structure, the development of vacuolar dystrophy and interstitial focal inflammation;

- in the kidneys - glomerular edema, granular and vacuolar degeneration of the epithelium of the renal tubules, vacuolar degeneration of the collecting duct epithelium, and focal hemorrhages develop. In some areas, the presence of focal necrobiotic processes with destruction of the renal parenchyma was noted;

- in the small intestine - infiltration of the lamina propria of the mucous membrane with lymphocytes with hypersecretion of goblet cells. In some areas, strong diffuse infiltration of the lamina propria of the mucous membrane was noted, as well as the formation of lymphoid nodules;

- in the myocardium – swelling of the interfibrous connective tissue with loss of transverse striation and focal fragmentation of fibers. In female rats of the experimental group, the noted processes were more pronounced than in a similar group of males.

**Список литературы.** 1. Ахраменко, Е. А. Выявление депрессивно-подобного поведения у животных с опухолевым ростом и его коррекция карбонатом лития / Е. А. Ахраменко, Е. О. Васильева // Биология : материалы 59-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 12–23 апреля 2021 года / Новосибирский национальный исследовательский государственный университет. – Новосибирск, 2021. – С. 105. 2. Галочкин, В. А. Физиологические функции гамма-аминомасляной кислоты, оксиглицина, солей лития и стрессустойчивость животных / В. А. Галочкин, В. П. Галочкина, К. С. Остренко // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2009. – № 1. – С. 5–15. 3. Галочкина, В. П. Стресспротекторное действие аскорбата лития у растущих и откармливаемых свиней / В. П. Галочкина, А. Н. Овчарова, К. С. Остренко // Эффективное животноводство. – 2019. – № 8(156). – С. 115–117. 4. Изучение влияния лития таурата и лития карбоната на ультрадианные биоритмы двигательной активности в тесте актометрии / О. Н. Саванец [и др.] // Актуальные проблемы общей и клинической биохимии – 2023 : сборник материалов республиканской научно-практической конференции, Гродно, 26 мая 2023 года / Гродненский государственный медицинский университет. – Гродно, 2023. – С. 251–254. 5. Клеточный протеом, литий, системные эффекты: биоинформационный анализ взаимосвязей / К. С. Остренко [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2019. – № 3. – С. 5–19. 6. Органические соли лития - эффективные антистрессовые препараты нового поколения / К. С. Остренко [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. – 2017. – № 2. – С. 5–28. 7. Effect of Lithium Preparations on Cerebral Electrophysiological Activity in Rats / V. I. Kononov [et al.] // Bull Exp Biol Med. – 2018. – 165 (4). – С. 470-473. 8. Rybakowski, J. K. Antiviral, immunomodulatory, and neuroprotective effect of lithium / J. K. Rybakowski // J. Integr Neurosci. – 2022. – Mas 23;21(2):68.

**References.** 1. Ahramenko, E. A. Vyyavlenie depressivno-podobnogo povedeniya u zhivotnyh s opuholevym rostom i ego korrekciya karbonatom litiya / E. A. Ahramenko, E. O. Vasil'eva // Biologiya : materialy 59-j Mezhdunarodnoj nauchnoj studencheskoj konferencii, Novosibirsk, 12–23 aprelya 2021 goda / Novosibirskij nacional'nyj issledovatel'skij gosudarstvennyj universitet. – Novosibirsk, 2021. – S. 105. 2. Galochkin, V. A. Fiziologicheskie funkcii gamma-aminomaslyanoj kisloty, oksiglicina, solej litiya i stressustojchivost' zhivotnyh / V. A. Galochkin, V. P. Galo-

chkina, K. S. Ostrenko // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. – 2009. – № 1. – S. 5–15. 3. Galochkina, V. P. Stresprotektornoe dejstvie askorbata litiya u rastushchih i otkarmlivaemyh svinej / V. P. Galochkina, A. N. Ovcharova, K. S. Ostrenko // *Effektivnoe zhivotnovodstvo*. – 2019. – № 8(156). – S. 115–117. 4. Izuchenie vliyaniya litiya taurata i litiya karbonata na ul'tradiannye bioritmy dvigatel'noj aktivnosti v teste aktometrii / O. N. Savanec [i dr.] // *Aktual'nye problemy obshchej i klinicheskoy biohimii* – 2023 : sbornik materialov respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Grodno, 26 maya 2023 goda / Grodnenskiy gosudarstvennyj medicinskiy universitet. – Grodno, 2023. – S. 251–254. 5. Kletochnyj proteom, litij, sistemnye efekty: bioinformacionnyj analiz vzaimosvyazej / K. S. Ostrenko [i dr.] // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. – 2019. – № 3. – S. 5–19. 6. Organicheskie soli litiya - effektivnye antis-tressovye preparaty novogo pokoleniya / K. S. Ostrenko [i dr.] // *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh*. – 2017. – № 2. – S. 5–2 8. 7. Effect of Lithium Preparations on Cerebral Electrophysiological Activity in Rats / V. I. Konenkov [et al.] // *Bull Exp Biol Med*. – 2018. – 165 (4). – S. 470-473. 8. Rybakowski, J. K. Antiviral, immunomodulatory, and neuro-protective effect of lithium / J. K. Rybakowski // *J. Integr Neurosci*. – 2022. – Mas 23;21(2):68.

Поступила в редакцию 18.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-26-33

УДК 619:612.015.3:636.52/58

### ОБМЕН ВЕЩЕСТВ МОЛОДНЯКА КУР КРОССА ДЕКАЛЬ УАЙТ В ВОЗРАСТЕ 42, 90 И 105 СУТОК

Малкова Н.Н. ORCID ID 0000-0002-2061-745x, Залюбовская Е.Ю. ORCID ID 0000-0002-4339-7912, Мансурова М.С. ORCID ID 0000-0003-1747-7799, Остякова М.Е. ORCID ID 0000-0002-2996-0991

ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Благовещенск, Российская Федерация

*В статье описаны результаты изучения обмена веществ у молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток с учетом прироста живой массы, физиологических норм и уровня кормления. Полученные результаты указывают на напряженность обменных процессов, а также интенсивность роста на данном этапе онтогенеза кур, которые наиболее выражены в период полного оперения, нежели в начале полового созревания. Также были установлены метаболический дисбаланс и отклонения от нормативных значений биохимических показателей, характеризующих функцию печени и почек, что обусловлено уровнем кормления. **Ключевые слова:** куры, молодняк, Декалб Уайт, обмен веществ, биохимические исследования, сыворотка крови.*

### METABOLISM OF YOUNG DEKALB WHITE CROSS CHICKS AT THE AGE OF 42, 90 AND 105 DAYS

Malkova N.N., Zalyubovskaya E.Yu., Mansurova M.S., Ostyakova M.E.

FSBSI "Far Eastern Zone Research Veterinary Institute", Blagoveshchensk, Russian Federation

*The article describes the results of a study on metabolism in young Dekalb White cross chickens aged 42, 90 and 105 days, taking into account live weight gain, physiological norms and feeding level. The findings indicate the tension of metabolic processes, as well as the intensity of growth at this stage of chicken ontogenesis, which are most pronounced during the period of full plumage rather than at the beginning of puberty. Metabolic imbalance and deviations from the normative values of biochemical parameters characterizing the liver and kidney function were also established which was determined by the level of feeding. **Keywords:** chickens, young stock, Dekalb White, metabolism, biochemical studies, blood serum.*

**Введение.** Физиология свободноживущих кур направлена на поддержание жизнедеятельности организма, приспособляемости к условиям дикой среды и производство потомства. В результате деятельности человека этот вид птицы был одомашнен и селекционно изменен, что в значительной степени отразилось на: интенсивности гормональных и биохимических процессов; повышении живой массы, плодовитости, продуктивности, стрессоустойчивости и приспособляемости к условиям окружающей среды [1, 2]. Таким образом, вся селекционная работа направлена на улучшение качеств кур и в большей степени ее производительной способности, результатом которой является наличие большого количества пород кур яичного, мясного и мясояичного направлений.

На примере Амурской области, производство яйца – это одно из интенсивно развивающихся направлений птицеводства. Так, за последние три года (2021-2023 гг.) количество производимого яйца возросло на 19,2% при уровне яйценоскости, равном 315-318 штук на одну несушку [3]. Среди всех яичных пород в области весьма распространен кросс Декалб Уайт за счет своих высоких показателей сохранности, яйценоскости и качества яйца. Помимо полезных качеств, у этого кросса имеются и слабые стороны: невысокая масса тела (у половозрелых кур); снижение яйценоскости как реакция на стресс [4].

Одним из основных правил успешного развития птицеводства яичного направления является получение здоровых ремонтных кур, требующее особого внимания в разные периоды жизненного цикла птицы. Первые два месяца после вылупления цыплят из яйца происходит рост и развитие

внутренних органов, скелетно-мышечной системы, становление ферментной и иммунной систем, ювенальная линька, на что требуется много энергетического и пластического материала. В последующем месяце жизни птицы продолжается рост и развитие в вышеуказанных направлениях, но интенсивность их значительно ниже, так как в этот период в большей степени происходит развитие жировой ткани и сухожильно-связочного аппарата. Следующий этап жизни птицы, который продолжается примерно до 140-дневного возраста, характеризуется как период полового созревания, сопровождающийся перестройками гормональной системы организма и обмена веществ [5, 6]. В эти периоды онтогенеза молодняк кур весьма чувствителен к изменениям окружающей среды и допущению погрешностей в кормлении и содержании, что проявляется снижением выживаемости цыплят, реализации их генетического потенциала, повышением процента выбраковки птицы и рентабельности яичного птицеводства в целом.

Таким образом, для получения здорового и продуктивного поголовья кур-несушек необходимо управлять физиологическими и биохимическими процессами цыплят (оценка уровня обмена веществ, выявление патологических процессов и их коррекция) на разных этапах онтогенеза вплоть до начала яйценоскости, что, в свою очередь, требует знания и понимания закономерностей протекающих физиологических процессов в организме на каждой стадии выращивания ремонтного молодняка. Одним из эффективных методов оценки метаболического статуса являются биохимические исследования сыворотки крови. Этот факт обусловлен тем, что биохимическая картина крови у всех теплокровных животных, в том числе у кур, отражает общее состояние организма и чутко реагирует на изменения внешней и внутренней среды.

**Цель исследований** – изучить уровень обмена веществ у молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток.

**Материалы и методы исследований.** Исследования были проведены в условиях Амурской области в весенне-летний период, объектом которых был молодняк кур кросса Декалб Уайт, при этом материалом для исследований служила сыворотка крови. Отбор цыплят кросса Декалб Уайт осуществляли методом случайной выборки, после чего, с учетом их возрастной принадлежности, распределили в три группы: 1-ая группа - цыплята в возрасте 42 суток (10 гол.), 2-ая группа цыплята в возрасте 90 суток (10 гол.), 3-я группа – цыплята в возрасте 105 суток (10 гол.). Оценивали внешний вид птицы, ее поведенческие реакции и степень поедания корма, в результате чего отклонений не установлено. Сохранность опытного молодняка кур за весь период наблюдений составила 100%.

Во время проведения исследований кормление подопытной птицы проводилось гранулированным комбикормом (ГОСТ 18221-2018) два раза в сутки (утро, вечер), дневная норма корма корректировалась с учетом возраста птицы (таблица 1), при этом цыплята имели свободный доступ к воде и ракушке.

**Таблица 1 – Схема кормления молодняка кур кросса Декалб Уайт**

Период полного оперения 30-60 сут.			Период полового созревания 60-90 сут. (первая половина)			Период полового созревания 91-120 сут. (вторая половина)		
Возраст птицы, сут.	Рекомендуемая норма корма, г/гол./дн.	Фактическое кол-во комбикорма ПК-3-29, г/гол./дн.	Возраст птицы, сут.	Рекомендуемая норма корма, г/гол./дн.	Фактическое кол-во комбикорма ПК-3-29, г/гол./дн.	Возраст птицы, сут.	Рекомендуемая норма корма, г/гол./дн.	Фактическое кол-во комбикорма ПК-3-29, г/гол./дн.
36-42	40-42	45	57-63	47-49	49	85-91	55-57	55
43-49	43-45	45	64-70	49-51	49	92-98	57-59	55
50-56	45-47	45	71-77	51-53	53	99-105	60-62	62
57-63	47-49	49	74-84	53-55	53	106-112	64-66	-
-	-	-	85-91	55-57	53	113-119	70-72	-
-	-	-	-	-	-	120-126	77-79	-
<b>Ракушка, вода без ограничений, свободный доступ</b>								
Качественные показатели гранулированного комбикорма (ГОСТ 18221-2018)								
Влажность - 12,4%			Метионин+цистин - 0,65%			Натрий - 0,18%		
Обменная энергия - 286,0 кКал/100 г			Лизин - 0,75%			Хлор - 0,17%		
Сырой протеин - 16,51%			Фосфор - 0,67%			Металломагниева примесь –		
Сырая клетчатка - 5,19%			Кальций - 1,06%			11 мг/кг		
зараженность амбарными вредителями - нет								

До начала исследований птица содержалась в условиях птицефабрики, а после – в птичнике с плотностью посадки не более 9 голов на квадратный метр и напольным типом содержания. Температура и влажность помещения, где находилась исследуемая птица, не превышали +30°C и 80% соответственно.

В возрастном и физиологическом аспекте изучали динамику роста цыплят на примере весовых показателей, а также уровень биохимических показателей сыворотки крови на 42, 90, 105 день исследований [7,8].

Измерение живой массы осуществляли на весах РН - 10Ц - 13У (Армвес АЗВО, Краснодарский край, г. Армавир), предназначенных для статистического измерения объекта весом до 10 кг с ценой деления 5 граммов. Данные об изменениях живой массы цыплят с возрастом, их среднесуточном, абсолютном и относительном приросте представлены на рисунке 2.

Исследование биохимического состава сыворотки крови (общий белок, альбумины, креатинин, глюкоза, холестерин, триглицериды, билирубин, аминотрансферазы (АСТ, АЛТ), щелочная фосфатаза (ЩФ), кальций (Ca), фосфор неорганический (P неорг.), калий (K), магний (Mg) осуществляли на биохимическом фотометре Stat Fax 1904-R (США) с использованием биохимических реактивов «Витал» (Россия). Дополнительно рассчитывали кальциево-фосфорное соотношение (Ca/P). В утренние часы до кормления производили забор крови из сердца с соблюдением правил асептики и антисептики [9, 10], с последующим ее центрифугированием.

Анализ экспериментального цифрового материала, полученного в ходе исследований, производили после его статистической обработки с использованием Microsoft Excel и вычислением средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m), корреляционного коэффициента (r), коэффициента Стьюдента (t), при этом межгрупповые различия считали значимыми при  $p < 0,05$  (\*),  $p < 0,01$  (\*\*) и  $p < 0,001$  (\*\*\*) относительно предыдущего возраста.

**Результаты исследований.** На начальных этапах развития будущей несушки уровень обмена веществ и живой массы тесно взаимосвязаны с продуктивными качествами птицы [11]. Изучение биохимических и весовых показателей позволяет оценить общее состояние организма, его метаболический статус, рациональность кормления и эффективно скорректировать возможные недочеты в выращивании ремонтного молодняка. В связи с этим были проведены измерения живой массы, биохимические исследования сыворотки крови у цыплят кросса Декалб Уайт с учетом их уровня кормления, относительно рекомендуемых норм для данного кросса [12].

Вся птица, подвергаясь изучению, получала гранулированный комбикорм относительно возраста, так, средние значения норм кормления составили для периода полного оперения 44-46±1,49 г/гол./дн., для первой половины полового созревания – 51-53±1,41 г/гол./дн. и для второй половины полового созревания – 57,0±0,80-59,0±1,45 г/гол./дн. (таблица 1). В результате анализа кормления молодняка, вошедшего в 1-3 группы, было установлено, что цыплята в возрасте 42 суток получали комбикорм в количестве 46,0±0,63 г/гол./дн., соответствующем верхней границе дневной нормы, тогда как у молодых кур 90- и 105-дневного возраста этот показатель был у нижней границы нормы и составлял 51,4±0,98 г/гол./дн. и 57,3±1,28 г/гол./дн. (рисунок 1), что соответствует в пересчете: на сырой протеин – 7,6±0,16 г/гол./дн. (1 группа), 8,5±0,16 г/гол./дн. при  $p < 0,01$  (2 группа) и 9,5±0,39 г/гол./дн. (3 группа); на фосфор – 0,31±0,007 г/гол./дн. (1 группа), 0,34±0,005 г/гол./дн. при  $p < 0,01$  (2 группа) и 0,37±0,020 г/гол./дн. (3 группа); на кальций – 0,49±0,006 г/гол./дн. (1 группа), 0,54±0,010 г/гол./дн. при  $p < 0,001$  (2 группа) и 0,59±0,033 г/гол./дн. (3 группа).

Min кол-во корма	Max кол-во корма	- Фактическое кол-во корма
	+ 51,4±0,98***	↓ 57,3±1,28**
↑ 46,0±0,63		
1 группа (42 сут.)	2 группа (90 сут.)	3 группа (105 сут.)

**Рисунок 1 – Сравнительный анализ корма, потребленного молодняком кур кросса Декалб Уайт (M±m, n=10), в сравнении с рекомендуемыми нормами кормления (min-max) из расчета на одну голову в день (г/гол./дн.)**

Изучение весовых показателей цыплят кросса Декалб Уайт, полученных в разные периоды их развития (42, 90, 105 сут.), показало несоответствие живой массы у исследуемой птицы в возрасте 90 и 105 суток относительно аналогичного показателя, рекомендуемых значений [12], которое выразилось его недостаточным уровнем на 5,0% и 11,0% соответственно. Несмотря на это прослеживалась тенденция к росту живой массы относительно увеличения возраста птицы (рисунок 2). При этом регистрировали более высокую интенсивность весового прироста у цыплят к 90-дневному возрасту (абсолютный прирост  $441,3 \pm 2,88$  г.; среднесуточный прирост  $9,2 \pm 0,37$  г.) и ее снижение к 105 суткам в абсолютных величинах на 85,8%, а в среднесуточных значениях – на 54,3% относительно предыдущего периода. Наряду с этим установлена связь между возрастом и абсолютным приростом живой массы ( $r = -0,52$ ), возрастом и среднесуточным приростом ( $r = -0,52$ ).

В ходе биохимических исследований сыворотки крови у исследуемого молодняка кур были выявлены отклонения от референтных значений. Так, со стороны общего белка у птицы в возрасте 42 суток фиксировали повышение его концентрации на 4,7% (рисунок 3). С увеличением возраста цыплят отмечали тенденцию к понижению этого показателя, при этом достоверное снижение значений общего белка на 22,6% было зарегистрировано у 90-дневного молодняка.

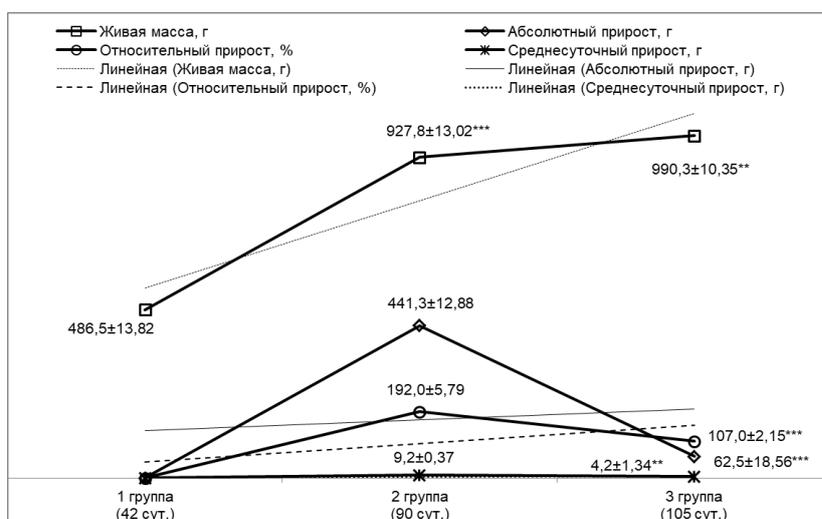


Рисунок 2 – Показатели живой массы молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Процент альбуминовой фракции в 1-й (42 сут.) и 2-й (90 сут.) группах превышал общепринятые значения на 41,0% и 16,2% соответственно, при этом все межгрупповые различия носили достоверный характер (рисунок 3). Так, у исследуемой птицы в возрасте 90 суток регистрировали снижение уровня альбуминов на 39,0% относительно предыдущего возраста, с последующим увеличением данного показателя на 35,1% у цыплят в возрасте 105 суток. Корреляционный анализ показал связь по альбуминовому уровню между 2-й и 3-й группами ( $r = -0,34$ ).

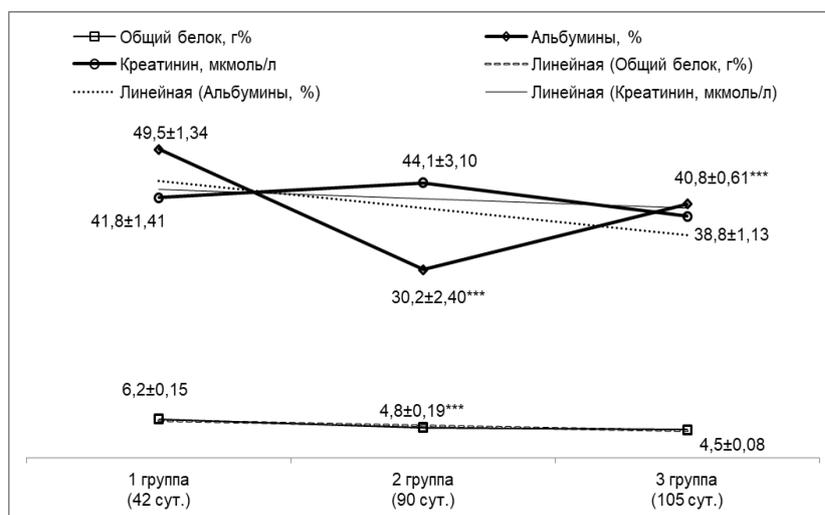
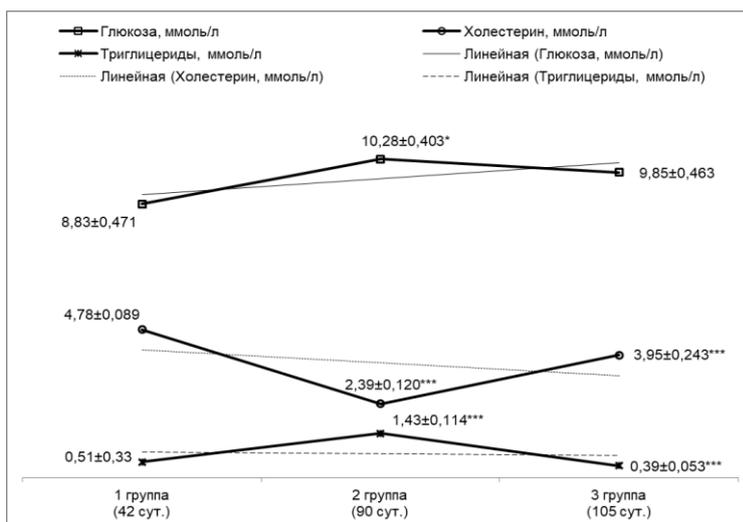


Рисунок 3 – Показатели белкового обмена молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )

Уровень креатинина был повышен у птицы в возрасте 42 и 90 суток на 4,5% и 10,2% соответственно, при этом его колебания не имели достоверной разницы (рисунок 3).

У цыплят трех групп отмечали пониженный уровень глюкозы с тенденцией к росту показателя, который имел свое максимальное значение во 2-й группе и превышал таковой у птиц 1-ой группы на 16,4% ( $p < 0,05$ ). У птиц 3-й группы концентрация глюкозы была ниже на 4,2% в сравнении с аналогичным показателем предыдущего возраста (рисунок 4).

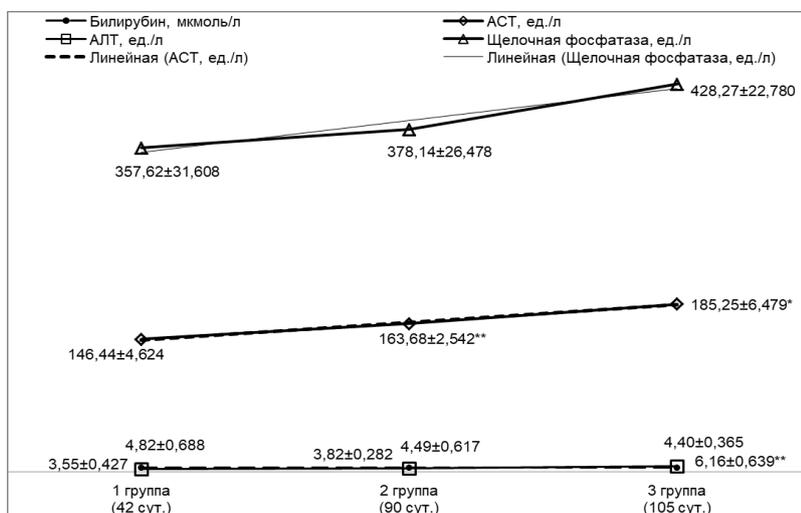
Гиперхолестеринемию регистрировали у птицы в возрасте 42 суток (на 54,2%) и 105 суток (27,4%) с тенденцией понижения показателя относительно увеличения возраста цыплят. При этом у 90-дневного молодняка уровень холестерина был ниже на 50,0% в сравнении с данными цыплят 42-дневного возраста, а у молодых курочек 105-дневного возраста аналогичный показатель превышал значения предыдущего возраста на 65,3% (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Показатели углеводного и жирового обмена молодняка кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90, и 105 суток ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )**

Уровень триглицеридов соответствовал нормативным значениям у птиц в возрасте 42 и 105 суток, а в 90 суток этот показатель превышал верхнюю границу нормы на 43,0% и имел обратную корреляционную связь с живой массой ( $r=-0,30$ ). Различия данного показателя были достоверными, при этом у 90-дневного молодняка концентрация триглицеридов превышала (в 2,8 раза) таковые у птиц в возрасте 42 суток, а в 105-дневном возрасте относительно предыдущего возраста показатель был ниже в 3,7 раза (рисунок 4). Наряду с этим установлена отрицательная корреляционная связь между 2-й и 3-й группами ( $r=-0,35$ ).

Во всех группах у молодняка регистрировали повышенный уровень билирубина на 26,8% (42 сут.), 18,2% (90 сут.) и 15,8% (105 сут.) относительно нормативных значений, при этом межгрупповые различия не были достоверными (рисунок 5).



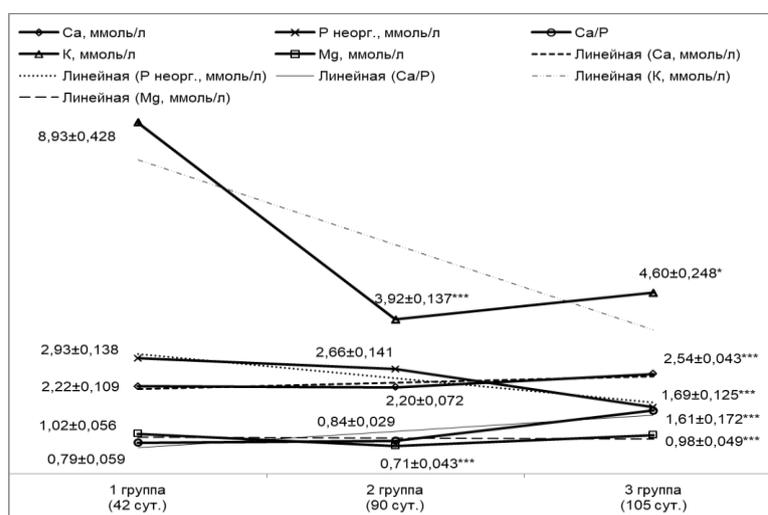
**Рисунок 5 – Показатели ферментативной активности печени молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )**

Со стороны аминотрансфераз отмечали рост их уровня параллельно увеличению возраста. Так, показатель АСТ достоверно рос на протяжении всего периода наблюдений на 11,8% (2 группа) и 13,2% (3 группа). Концентрация АЛТ также увеличивалась на 7,6% (2 группа) и на 61,3% (3 группа). При этом уровни АСТ и АЛТ в первой группе были ниже нормы на 8,5% и 6,6% соответственно (рисунок 5). У птиц в возрасте 90 суток значения АСТ не выходили за физиологичный предел, а уровень АЛТ в этой возрастной категории находился у верхней границы нормы. В возрасте 105 суток аминотрансферазы превышали верхнюю границу нормы на 9,0% (АСТ) и 62,1% (АЛТ).

Уровень щелочной фосфатазы у молодняка в возрасте 90 и 105 суток соответствовал физиологическим значениям, а у 42-дневных цыплят этот показатель был чуть ниже нормы (на 0,8%), при этом межгрупповые различия носили недостоверный характер (рисунок 5).

Отмечалась тенденция к понижению концентрации фосфора с возрастом птицы, при этом его уровень был высоким у 42-дневных (на 22,1%) и 90-дневных цыплят (на 10,8%), а у молодняка в возрасте 105 суток этот показатель достоверно снизился на 36,5% и вышел за нижний предел нормы на 6,1% (рисунок 6).

Уровень кальция был в пределах физиологической нормы у цыплят 1-й и 2-й групп, а вот в 3-й группе этот показатель достоверно превышал нормативные значения на 10,4% и на 15,4% таковые значения у молодняка 2-й группы (рисунок 6).



**Рисунок 6 – Показатели минерального обмена молодняка кур кросса Декалб Уайт в возрасте 42, 90 и 105 суток ( $M \pm m$ ,  $n=10$ )**

Кальциево-фосфорное соотношение у исследуемой птицы было ниже референтного предела на 64,1%, 61,8% и 26,8% соответственно, при этом установлена тенденция к росту Ca/P. Так, у птицы в возрасте 105 суток кальциево-фосфорное соотношение достоверно превышало аналогичный показатель 90-дневных цыплят на 91,7% (рисунок 6).

Уровень калия у цыплят в возрасте 42 суток выходил за верхний предел общепринятых значений на 39,5%, у птицы в возрасте 90 суток этот показатель был достоверно ниже относительно предыдущего возраста на 56,1% и нормативного значения – на 18,3%. У 105-дневного молодняка концентрация калия соответствовала физиологической норме и превосходила таковую (на 17,3%) относительно предыдущего возраста. В целом прослеживалась тенденция к понижению показателя с возрастом птицы (рисунок 6). Гиперкалиемия у 42-дневных цыплят может быть обусловлена гиперпротеинемией ( $r=0,35$ ).

Концентрация магния была в референтных пределах в 1-й (42 сут.) и 3-й (105 сут.) группах, а вот во 2-й группе (90 сут.) данный показатель был ниже нормы на 11,2%. При этом межгрупповые различия носили достоверный характер, так, у 90-дневных цыплят уровень магния был ниже на 30,4% относительно аналогичного показателя 42-дневных цыплят, а у молодняка в возрасте 105 суток его значения превышали (на 38,0%) таковые у птиц 90-дневного возраста (рисунок 6).

Таким образом, изучение биохимического состава сыворотки крови у цыплят кросса Декалб Уайт в разные периоды онтогенеза (42 сут., 90 сут., 105 сут.) показало, что более высоким темпом прироста живой массы (в абсолютных величинах – на 85,8% и в среднесуточных значениях – на 54,3%) обладает молодняк в возрасте 42-90 суток, нежели молодые курочки в период 90-105 суток. Интенсивность увеличения весовых показателей сопряжена с физиологически обусловленным напряженным ростом и развитием внутренних органов вплоть до 90-дневного возраста, с последующим ее снижением на этапе полового созревания в пользу репродуктивной системы [13]. Этот пе-

риод онтогенеза у цыплят сопровождается активностью обменных процессов, при условии высокого содержания кормового протеина в рационе, о чем свидетельствовали повышенные значения общего белка на 4,7% у 42-дневных цыплят и триглицеридов – на 43,0% на фоне нормохолестеринемии у молодняка 90-дневного возраста, что согласуется с данными Колесниковой И.А. (2018) и Сидоренко С.В. с соавторами (2021) [14,15]. В эти периоды развития организм расходует большое количество пластического материала [16,17], на что косвенно указывало снижение в физиологических пределах процента альбуминовой фракции на 39,0% в пик прироста живой массы у 90-дневного молодняка. При этом Талдыкина А.А. и Семенютин В.В. (2021) в своей работе указывают на тот факт, что при недостаточном уровне кормового белка происходят задержка роста и развития организма, метаболические нарушения, негативно отражающиеся на внутренних органах [16]. В ходе наших исследований у птиц были выявлены нарушения минерального, углеводного и жирового обмена, а также дисфункция печени. Наряду с этим регистрировали гиперальбуминемию (42, 105 сут.) и повышенный уровень креатинина в возрасте 42 суток, что характерно для заболеваний почек [18]. Минеральный дисбаланс в основном выражался сниженным кальциево-фосфорным соотношением на фоне пониженной активности щелочной фосфатазы [18], при этом отмечали достоверное увеличение Ca/P на 91,7% у молодых кур к 105-дневному возрасту. Выравнивание ситуации с кальциево-фосфорным соотношением в возрастном аспекте обусловлено ростом уровня кальция на 15,4% и уменьшением концентрации фосфора на 36,5% в сыворотке крови. Увеличение сывороточного кальция в начале полового созревания у молодняка кур, вероятно, связано с гормональной стимуляцией [19] на фоне меньшей потребности организма в данном химическом элементе в результате превалирования процессов, направленных на репродуктивное становление, над процессами развития костно-мышечной системы. Снижение уровня фосфора возможно при уменьшении объема потребляемого кормового протеина, что подтверждалось показателями живой массы, не достигающими рекомендуемой нормы на 5,0% и 11,0%, в возрасте 90 и 105 суток, а также гипогликемией, которая зачастую регистрируется при неудовлетворительном поступлении кормовых белков, жиров и углеводов [20] и нередко сопровождается патологией печени. Дополнительно на нарушения в работе печени указывали рост АСТ (на 9,0%) и АЛТ (62,1%) у цыплят к 105-дневному возрасту на фоне гипербилирубинемии и гиперхолестеринемии, которые могли быть результатом декомпенсации белкового и энергетического дисбаланса [16].

**Заключение.** Молодняк кросса Декалб Уайт в возрасте 42-105 суток обладает интенсивным ростом и напряженностью обменных процессов, которые наиболее выражены в период полного оперения, нежели в начале полового созревания. При этом на данном этапе развития молодой организм весьма чувствителен к нерациональности кормления, что в значительной степени отражается на приросте живой массы, уровне метаболических процессов и функционировании внутренних органов. Поэтому в период выращивания ремонтного молодняка необходимо использовать фазовое кормление с учетом весовых и биохимических показателей на разных этапах онтогенеза.

**Conclusion.** Young stock of the Dekalb White cross at the age of 42-105 days is characterized by the intensive growth and tension of metabolic processes, which are most pronounced during the period of full plumage than at the beginning of puberty. Moreover, at this stage of development, the young organism is very sensitive to irrational feeding, which significantly affects the increase in live weight, the level of metabolic processes and the functioning of internal organs. Therefore, during the period of raising replacement young stock, it is necessary to use phase feeding, taking into account weight and biochemical indicators at different stages of ontogenesis.

**Список литературы.** 1. Биология кур : учебное пособие / Л. И. Сидоренко, В. И. Щербатов. - Краснодар : КубГАУ, 2016. – 244 с. 2. Influence of Age and Phylogenetic Background on Blood Parameters Associated With Bone Metabolism in Laying Hens / С. Habig [et al.] // *Front Physiol.* – 2021. - № 12 : 678054. - DOI: 10.3389/fphys.2021.678054. 3. Об итогах работы агропромышленного комплекса Амурской области за 2023 год / Министерство сельского хозяйства Амурской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://agro.amurobl.ru/pages/agro\\_komp/itogi-raboty-v%20apk/ob-itogakh-raboty-agropromyshlennogo-kompleksa-amurskoy-oblasti-za-2023-god/](https://agro.amurobl.ru/pages/agro_komp/itogi-raboty-v%20apk/ob-itogakh-raboty-agropromyshlennogo-kompleksa-amurskoy-oblasti-za-2023-god/). - Дата доступа: 18.03.2024). 4. Вандышев, П. Е. Характеристика кроссов кур, используемых для получения противогриппозной вакцины / П. Е. Вандышев // *Современные проблемы зоотехнии : сборник трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора Бакай Анатолия Владимировича (1946-2020) в рамках Года науки и технологий Российской Федерации по тематике "Генетика и качество жизни"*. - Москва : ЗооВетКнига, 2022. - С. 27-31. 5. Эффективность выращивания цыплят яичной породы «ломанн псл-классик» / С. Ю. Харлап [и др.] // *Аграрный вестник Урала.* - 2017. - № 02(156). - С. 66-71. 6. Коршунова, Л. Г. Сохранение и мониторинг генофонда отечественных пород кур / Л. Г. Коршунова, Р. В. Карапетян // *Птицеводство.* - 2021. - № 3. - С. 9-12. 7. Реализация генетического потенциала продуктивности у кур яичного кросса Декалб Уайт / С.И. Нуколаев [и др.] // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.* - 2023. - № 2(70). С. - 364-370. – DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-42. 8. Клинико-инструментальные методы исследования и лабораторная диагностика при незаразной патологии птиц / Д. Р. Амиров [и др.]. - Казань: Центр информационных технологий ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, 2015. - 28 с. 9. Взятие крови у животных /

Ю. К. Ковалёнок [и др.]. - Витебск: ВГАВМ, 2019. - 32 с. - URL: <https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/9332/1/m-2019-24-2.pdf>. 10. Оценка физиологического состояния птицы и качества продукции / Т. М. Околелова [и др.]. – Москва : Издательский Центр РИОР, 2022. - № 1. - 184 с. - DOI: 10.29039/02098-2. 11. Копылова, А. С. Гематологические показатели кур-несушек в условиях интенсивных технологий / А. С. Копылова, К. А. Сидорова // АПК: инновационные технологии. - 2023. - № 2(61). - С. 24-33. - DOI: 10.35524/2687-0436\_2023\_02\_24. 12. Декалб, Уайт. Руководство по клеточному содержанию [Электронный ресурс] / Уайт Декалб. – Режим доступа: [https://prokur.ru/wp-content/uploads/2016/10/dekalb\\_white.pdf](https://prokur.ru/wp-content/uploads/2016/10/dekalb_white.pdf). - Дата доступа: 04.04.2024. 13. Харлап, С. Ю. Эффективность выращивания цыплят яичной породы «ЛОМАНН ЛСЛ-КЛАССИК» разного происхождения / С. Ю. Харлап, О. В. Горелик // *Аграрный вестник Урала*. - 2017. - № 02(156). - С. 66-71. 14. Колесникова, И. А. Содержание общего белка и белковых фракций в сыворотке крови цыплят-бройлеров при скормливания лактобактерий и иодида калия / И. А. Колесникова // *Животноводство и кормопроизводство*. - 2018. - Т. 101, № 2. - С. 154-160. 15. Сидоренко, С. В. Использование в рационах цыплят-бройлеров пробиотиков и их влияние на показатели липидного обмена и прирост живой массы птицы / С. В. Сидоренко, Г. Ф. Рыжкова, Н. И. Ярован // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. - 2021. - № 8. - С. 96-101. 16. Талдыкина, А. А. Динамика морфологических и биохимических показателей крови цыплят-бройлеров при использовании комплекса органических кислот / А. А. Талдыкина, В. В. Семенютин // *Учёные записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. - 2021. - Т. 246. - № 2. - С. 214-221. - DOI: 10.31588/2413-4201-1883-246-2-214-221. 17. Федорова, З. Л. Биохимические показатели крови мясо-яичных пород кур в постнатальном онтогенезе / З. Л. Федорова, О. Ю. Перинек // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. - 2020. - № 4(60). - С. 254-262. 18. Влияние препарата генезис на организм кур-несушек / А.И. Леткин [и др.] // *Аграрный научный журнал*. - 2019. - № 7. - С. 57-62. 19. Повозников, Н. Г. Продуктивность и биохимический состав кур / Н. Г. Повозников, Н. В. Пустовая // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. - 2013. - № 16(2). - С. 206-215. 20. Изменение показателей крови цыплят-бройлеров при различной нутриентной обеспеченности рациона / Е. В. Шейда [и др.] // *Животноводство и кормопроизводство*. - 2021. - № 104(4). - С. 193-204. - DOI:10.33284/2658-3135-104-4-193.

**References.** 1. *Biology of chickens: textbook. allowance* / L. I. Sidorenko, V. I. Shcherbatov. - Krasnodar: KubGAU, 2016. - 244 p. 2. *Influence of Age and Phylogenetic Background on Blood Parameters Associated With Bone Metabolism in Laying Hens* / C. Habig [et al.] // *Front Physiol*. - 2021. - 12 : 678054. - DOI: 10.3389/fphys.2021.678054. 3. *On the results of the work of the agro-industrial complex of the Amur region for 2023* / Ministry of Agriculture of the Amur region. - URL: [https://agro.amurobl.ru/pages/agro\\_komp/itogi-raboty-v%20apr/ob-itogakh-raboty-agropromyshlenno-go-kompleksa-amurskoy-oblasti-za-2023-god/](https://agro.amurobl.ru/pages/agro_komp/itogi-raboty-v%20apr/ob-itogakh-raboty-agropromyshlenno-go-kompleksa-amurskoy-oblasti-za-2023-god/) (date accessed 03/18/2024). 4. Vandyshv, P. E. Characteristics of chicken crosses used to obtain influenza vaccine / P. E. Vandyshv // *Modern problems of zootechnics: Collection of works based on the materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 75th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Professor Anatoly Vladimirovich Bakai (1946-2020) within the framework of the Year of Science and Technology of the Russian Federation on the topic "Genetics and quality of life"* - Moscow: ZooVetKniga, 2022. - P. 27-31. 5. Efficiency of raising egg-laying chickens "Lohmann LSL-classic" / S.Yu. Kharlap [et al.] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. - 2017. - No 02(156). - P. 66-71. 6. Korshunova, L. G. Conservation and monitoring of the gene pool of domestic chicken breeds / L. G. Korshunova, R. V. Karapetyan // *Poultry farming*. - 2021. - No 3. - P. 9-12. 7. Nikolaev, S. I. Realization of the genetic potential of productivity in egg-cross chickens Dekalb White / S. I. Nikolaev [et al.] // *News of the Lower Volga agricultural university complex: science and higher professional education*. - 2023. - No. 2(70). - P. - 364-370. - DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-42. 8. *Clinical and instrumental research methods and laboratory diagnostics for non-contagious pathology of birds* / Amirov D.R. [et al.]. - Kazan: Center for Information Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan State Academy of Mechanics and Mathematics, 2015. - 28 p. 9. Taking blood from animals / Yu.K. Kovalyonok [et al.]. - Vitebsk: VSAVM, 2019. - 32 p. - URL: <https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/9332/1/m-2019-24-2.pdf>. 10. Assessment of the physiological state of poultry and product quality / T. M. Okolelova [et al.]. – Moscow: RIOR Publishing Center, 2022. - No 1. - 184 p. - DOI: 10.29039/02098-2. 11. Kopylova, A. S. Hematological parameters of laying hens under intensive technologies / A. S. Kopylova, K. A. Sidorova // *AIC: innovative technologies*. - 2023. - No 2(61). - P. 24-33. - DOI: 10.35524/2687-0436\_2023\_02\_24. 12. Dekalb White. *Cellular Maintenance Guide*. – URL: [https://prokur.ru/wp-content/uploads/2016/10/dekalb\\_white.pdf](https://prokur.ru/wp-content/uploads/2016/10/dekalb_white.pdf) (access date 04/04/2024). 13. Kharlap, S.Yu. Efficiency of raising chickens of the egg breed "LOHMANN LSL-CLASSIC" of different origins / S. Yu. Kharlap, O. V. Gorelik // *Agrarian Bulletin of the Urals*. - 2017. - No 02(156). - P. 66-71. 14. Kolesnikova, I. A. Content of total protein and protein fractions in the blood serum of broiler chickens when fed lactobacilli and potassium iodide / I. A. Kolesnikova // *Animal husbandry and feed production*. - 2018. - T. 101, No 2. - P. 154-160. 15. Sidorenko, S. V. The use of probiotics in the diets of broiler chickens and their effect on lipid metabolism and poultry live weight gain / S. V. Sidorenko, G. F. Ryzhkova, N. I. Yarovan // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. - 2021. - No 8. - P. 96-101. 16. Taldykina, A. A. Dynamics of morphological and biochemical blood parameters of broiler chickens using a complex of organic acids / A. A. Taldykina, V. V. Semenyutin // *Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after. N.E. Bauman*. - 2021. - T. 246. - No 2. - P. 214-221. - DOI: 10.31588/2413-4201-1883-246-2-214-221. 17. Fedorova, Z. L. Biochemical blood parameters of meat and egg breeds of chickens in postnatal ontogenesis / Z. L. Fedorova, O. Yu. Perinek // *News of the Lower Volga agricultural university complex: science and higher professional education*. - 2020. - No 4(60). - P. 254-262. 18. The effect of the drug Genesis on the body of laying hens / A. I. Letkin [et al.] // *Agrarian scientific journal*. - 2019. - No 7. - P. 57-62. 19. Povoznikov, N. G. Productivity and biochemical composition of chickens / N. G. Povoznikov, N. V. Pustovaya // *Current problems of intensive development of livestock farming*. - 2013. - No 16(2). - P. 206-215. 20. Changes in blood parameters of broiler chickens with different nutrient supply of the diet / E. V. Sheida [et al.] // *Animal husbandry and feed production*. - 2021. - No 104(4). - P. 193-204. - DOI:10.33284/2658-3135-104-4-193.

Поступила в редакцию 24.04.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-34-39  
УДК 619:612.12:636.4**ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ» НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ ГОМЕОСТАЗ ПОРОСЯТ-ГИПОТРОФИКОВ РАННЕГО НЕОНАТАЛЬНОГО ПЕРИОДА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СВИНОВОДСТВА**\*Михайлов Е.В. ORCID ID 0000-0001-5457-1325, \*Паршин П.А. ORCID ID 0000-0002-8790-0540,  
\*\*Саврасов Д.А. ORCID ID 0000-0002-1293-2249, \*Шутиков В.А. ORCID ID 0009-0004-2018-2662,  
\*Шабунин Б.В. ORCID ID 0000-0002-2234-3851, \*Некрасов А.В. ORCID ID 0000-0002-5957-1583,  
\*\*\*Прокулевич 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

\*\*\*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

*В статье представлены результаты исследований по оценке влияния препарата «Простимул» на обмен эссенциальных микроэлементов в организме поросят с гипотрофией. Эксперимент проведен в крупном промышленном свиноводческом хозяйстве Воронежской области на поросятах раннего неонатального периода, полученных от свиноматок 3-4 опороса. В период опороса все поросята проходили клинический осмотр. Не достигшие 800 г животные были учтены как поросята – гипотрофики (n=20), животные свыше 800 г – нормотрофики (n=10). В этот период от животных до приема молозива был осуществлен забор крови из сформированных групп. Для изучения влияния препарата «Простимул» на обмен эссенциальных микроэлементов крови у поросят с гипотрофией были сформированы 3 группы. Первая группа – поросята-нормотрофики - (n=10) служила контролем. Вторая группа - поросята-гипотрофики (n=10), которым Per os дополнительно к основному рациону выпаивали коровье молозиво в дозировке 2,5 мл на голову в течение 3 дней. Третья группа - поросята-гипотрофики (n=10) - применяли парентерально рекомбинантный видоспецифичный цитокин «Простимул» двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. В возрасте 7, 14, дней и за 2 дня до отъема, у сформированных групп животных (n=5), отбиралась кровь для проведения оценки содержания марганца, железа, цинка, кобальта, меди в крови. По результатам проведенных исследований было установлено, что препарат «Простимул» способствовал стимуляции обменных процессов эссенциальных микроэлементов в организме поросят, на что указывает повышение концентрации марганца, железа, цинка, кобальта, меди в крови у поросят-гипотрофиков, которым вводили препарат до уровня поросят-нормотрофиков. **Ключевые слова:** поросята, кровь, эссенциальные микроэлементы, простимул, гипотрофия.*

**EFFECT OF THE DRUG PROSTIMUL ON THE ELEMENTAL HOMEOSTASIS OF HYPOTROPHIC PIGLETS OF THE EARLY NEONATAL PERIOD UNDER CONDITIONS OF INDUSTRIAL PIG BREEDING**\*Mikhaylov E.V., \*Parshin P.A., \*\*Savrasov D.A., \*Shutikov V.A., \*Shabunin B.V.,  
\*Nekrasov A.V., \*\*\*Prokulevich 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

\*\*\*Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

*The article presents the results of studies assessing the effect of the drug Prostimul on the metabolism of essential microelements in the body of hypotrophic piglets. The experiment was carried out at a large industrial pig breeding farm in Voronezh region on piglets of the early neonatal period obtained from sows of 3-4 farrowing. During the farrowing period, all piglets underwent a clinical examination. Animals under 800 gr. were counted as hypotrophic piglets (n=20), animals over 800 gr. – normotrophic (n=10). During this period, blood was taken from the animals of the formed groups before taking colostrum. To study the effect of the drug Prostimul on the exchange of essential microelements in the blood of hypotrophic piglets, 3 groups were formed. The first group (normotrophic piglets) (n=10) served as control. The second group included hypotrophic piglets (n=10), who were fed cow colostrum in addition to the main diet in a dosage of 2.5 ml per animal for 3 days. The animals of the third group (hypotrophic piglets) (n=10) twice received parenterally recombinant species-specific cytokine Prostimul on the first and third days of life at a dose of 0.1 ml/kg of body weight. At the age of 7, 14 days and 2 days before weaning, blood was taken from the animals of the formed groups (n=5) to assess the blood content of manganese, iron, zinc, cobalt, copper. Based on the findings, it had been found that the drug Prostimul helped stimulate the metabolic processes of essential microelements in the body of piglets, as indicated by an increase in the concentration of manganese, iron, zinc, cobalt, copper in the blood of hypotrophic piglets, who were administered the drug to the level of normotrophic piglets. **Keywords:** piglets, blood, essential microelements, Prostimul, hypotrophy.*

**Введение.** В многочисленных физиолого-биохимических функциях, которые протекают в период роста и развития молодого животного, важную роль играют жизненно необходимые микроэлементы (эссенциальные), такие как марганец, железо, медь, цинк, кобальт [1]. Известно, что микроэлементы входят в состав белков, ферментов, витаминов, гормонов, а следовательно и их недостаток может приводить к нарушению обменных процессов, расстройству деятельности различных органов [8].

При неонатальной гипотрофии у поросят происходит нарушение обмена веществ, снижение энергии роста, недоразвитие органов и систем органов [4], что в частности приводит к нарушению минерального обмена. Поэтому пороссятам с гипотрофией необходимо своевременно производить коррекцию обменных процессов эссенциальных микроэлементов.

**Целью исследований** являлось изучение влияния препарата «Простимул» на обмен эссенциальных микроэлементов крови у поросят-гипотрофиков в неонатальный период в условиях промышленного свиноводства.

**Материалы и методы исследований.** Эксперимент проведен в крупном промышленном свиноводческом хозяйстве Воронежской области на поросятах раненого неонатального периода, полученных от свиноматок 3-4 опороса. В период опороса все поросята проходили клинический осмотр. Не достигшие 800 г животные были учтены как поросята-гипотрофики ( $n=20$ ), животные свыше 800 г - нормотрофики ( $n=10$ ). В этот период от животных до приема молозива был осуществлен забор крови из сформированных групп. Для изучения влияния препарата «Простимул» на обмен эссенциальных микроэлементов крови у поросят с гипотрофией были сформированы 3 группы. Первая группа - поросята нормотрофики - ( $n=10$ ) служила контролем. Вторая группа - поросята-гипотрофики ( $n=10$ ), которым *Per os* дополнительно к основному рациону выпаивали коровье молозиво в дозировке 2,5 мл на голову в течение 3 дней. Третья группа - поросята-гипотрофики ( $n=10$ ) - применяли парентерально рекомбинантный видоспецифичный цитокин «Простимул» двукратно, в первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. В возрасте 7, 14, дней и за 2 дня до отъема, у сформированных групп животных ( $n=5$ ) отбиралась кровь для проведения исследований.

Определение концентрации эссенциальных микроэлементов в крови проводили атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Shimadzu TOO.

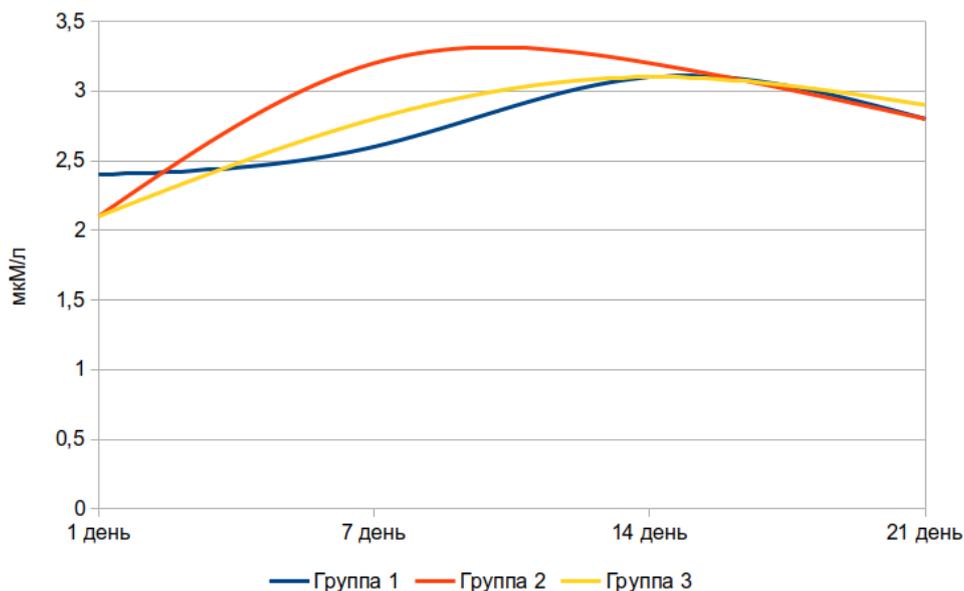
При проведении статистической обработки данных использовался пакет прикладных программ Statistica v6.1. Для оценки достоверности результатов был применен критерий Стьюдента.

**Результаты исследований.** Содержание отдельных микроэлементов в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражено в графиках 1—5.

Стоит отметить, что микроэлементозы выступают предикторами эндокринных нарушений, роль которых в патогенезе иммунологической недостаточности не вызывает сомнений. Так, дефицит марганца приводит к гормональным сбоям в системе регуляции углеводного обмена и оксидативному стрессу, дефицит цинка приводит к нарушению иммунного статуса и гормональным сбоям, при этом с большинством тяжелых металлов в организме цинк находится в антагонистических отношениях, недостаток селена приводит к повышению вирулентности РНК-содержащих вирусов [11].

Концентрация марганца (Mn) в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражена в графике 1. Из графика видно, что концентрация марганца до приема молозива у поросят 1 группы на 12,5% больше, чем у поросят других групп; на 7 день концентрация марганца у 2 группы была на 23,07% и 14,28% выше, чем у поросят 1 и 3 группы. К 14 дню концентрация марганца по группам поросят не различалась более чем на 3% ( $p \leq 0,05$ ). По окончании опыта сохраняется аналогичная динамика ( $p \leq 0,05$ ).

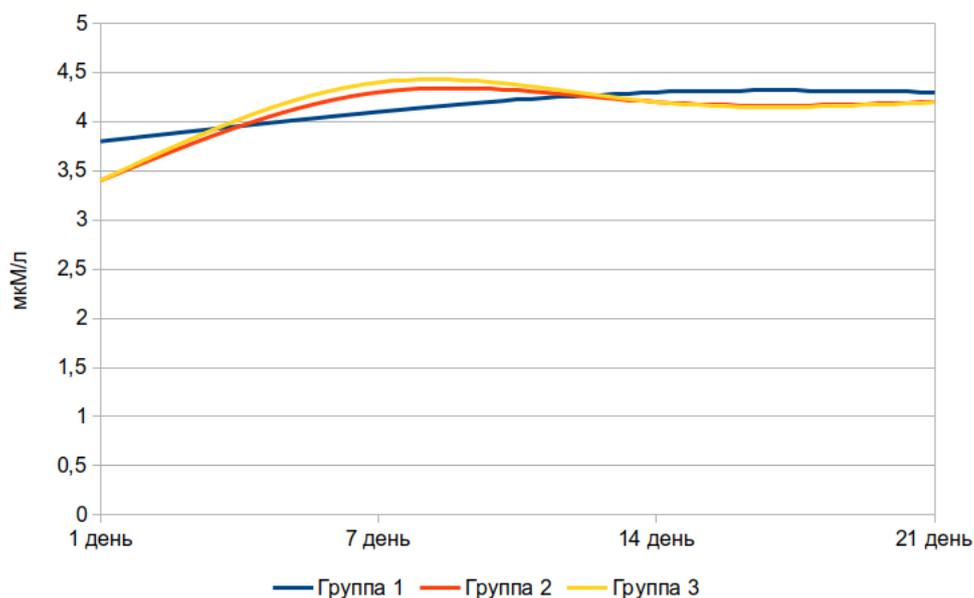
*Примечание.*  $M \pm SE$  (среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка); статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$  относительно первой группы.



**График 1 — Динамика концентрации марганца (Mn) в крови у поросят исследуемых групп по дням**

Концентрация железа (Fe) в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражена в графике 2. Из графика видно, что концентрация железа в сыворотке крови до приема молозива у поросят 1 группы на 10,53% ( $p \leq 0,05$ ) больше, чем у поросят других групп. На 7-й, 14-й и 21-й дни у поросят исследуемых групп концентрация железа различается менее чем на 5%.

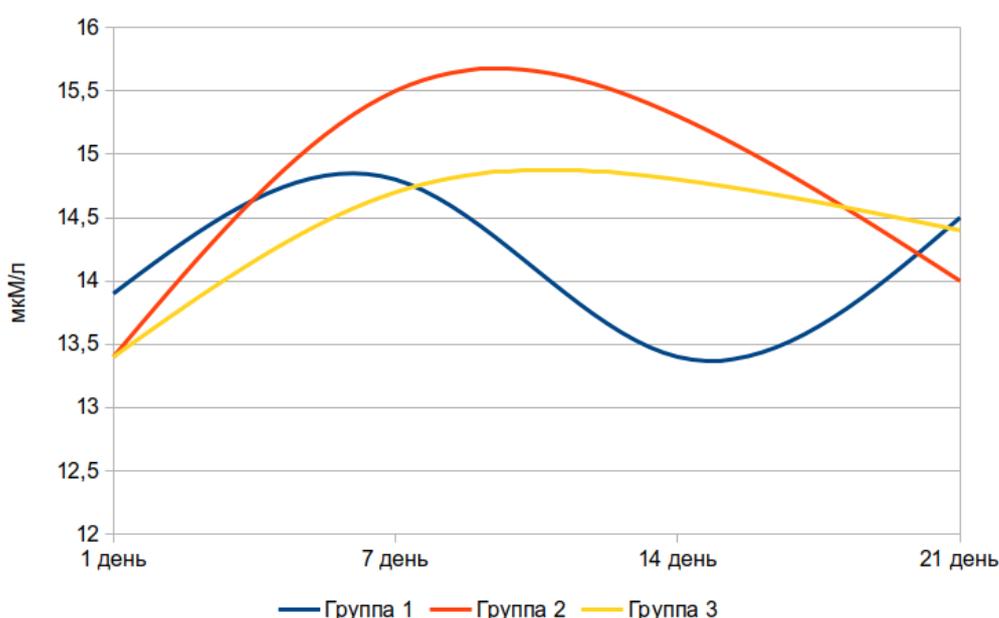
*Примечание:  $M \pm SE$  (среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка); статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$  относительно первой группы.*



**График 2 — Динамика концентрации железа (Fe) в крови у поросят исследуемых групп по дням**

Концентрация меди (Cu) в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражена в графике 3. До приема молозива разница в концентрации меди у поросят 1 группы и 2 и 3 группы составляла 3,6% ( $p \leq 0,05$ ). На 7 день эксперимента отмечено, что у поросят 2 группы концентрация выше в среднем на 4,52% относительно других групп, но уже на 14 день концентрация меди в сыворотке крови у поросят 2 группы выше на 12,42% ( $p \leq 0,05$ ) и 3,27% ( $p \leq 0,05$ ), чем у поросят 1 и 3 групп соответственно. К 21 дню концентрация меди во всех группах различалась в среднем на 4% ( $p \leq 0,05$ ).

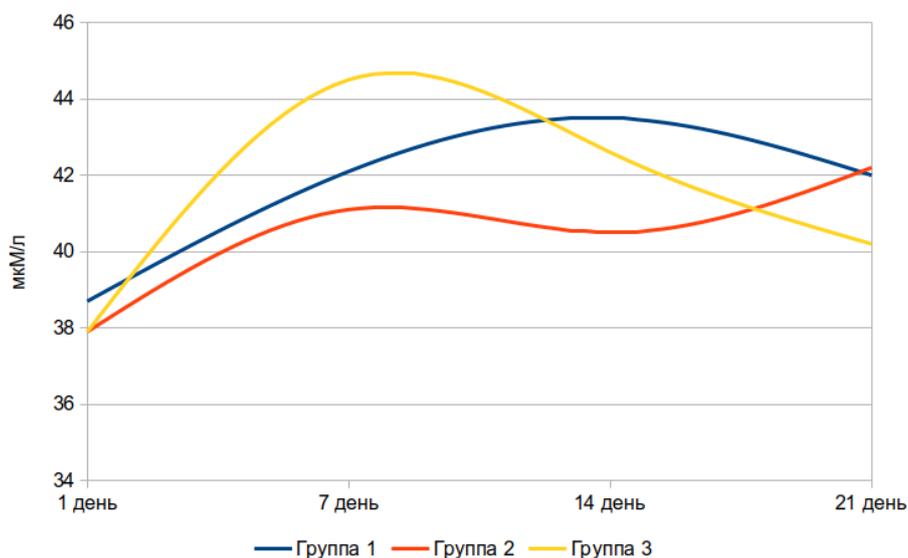
*Примечание:  $M \pm SE$  (среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка); статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$  относительно первой группы.*



**График 3 — Динамика концентрации меди (Cu) в крови у поросят исследуемых групп по дням**

Концентрация цинка (Zn) в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражена в графике 4. До приема молозива разница в концентрации цинка в сыворотке крови у поросят между группами различалась в среднем на 2%, но уже на 7 день концентрация цинка в сыворотке крови у поросят 3 группы на 5,39% и 7,64% больше, чем у поросят 1 и 3 группы соответственно. На 14 день эксперимента концентрация цинка во 2 группе в среднем на 6% меньше, чем в других группах. По завершении опыта концентрация цинка в сыворотке крови поросят 1 и 2 групп выше на 4,74%, чем у поросят 3 группы.

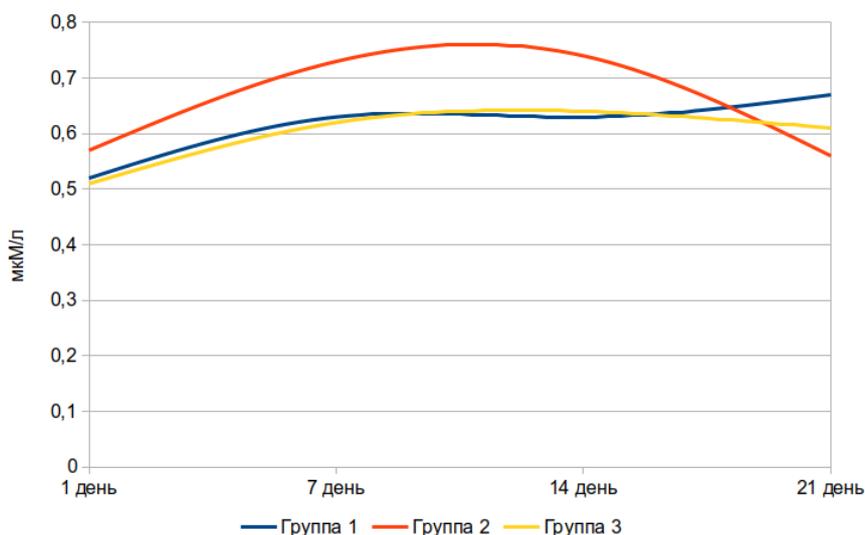
*Примечание:  $M \pm SE$  (среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка); статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$  относительно первой группы.*



**График 4 — Динамика концентрации цинка (Zn) в крови у поросят исследуемых групп по дням**

Концентрация кобальта (Co) в сыворотке крови у поросят исследуемых групп по дням отражена в графике 5. Отмечено, что до приема молозива и по 14 день концентрация кобальта в сыворотке крови поросят 2 группы в среднем на 13% выше, чем у поросят других групп. Но на 21 день концентрация кобальта в сыворотке крови поросят 1 группы выше на 16,42% ( $p \leq 0,05$ ) и 8,96% ( $p \leq 0,05$ ), чем у поросят 2 и 3 групп соответственно.

*Примечание:  $M \pm SE$  (среднее арифметическое  $\pm$  стандартная ошибка); статистически значимые различия при  $p \leq 0,05$  относительно первой группы.*



**График 5 — Динамика концентрации кобальта (Co) в крови у поросят исследуемых групп по дням**

(<https://telemost.yandex.ru/j/89643882445370>)

Микроэлементный статус имеет большое значение для нормального функционирования организма, поэтому его своевременная коррекция профилаксирует хронический оксидативный стресс, который может приводить к различным иммунодефицитным состояниям [11]. Препарат «Простимул», содержащий в качестве действующего вещества рекомбинантный цитокин I типа, а также витамины А, Е, С [2], способствовал повышению концентрации марганца на 7,14%, железа — 6,82%, цинка — 5,39% уже на 7 день; на 14 день отмечено повышение концентрации меди на 9,46%; на 21 день — повышение концентрации марганца на 3,45% у поросят с гипотрофией относительно здоровых поросят. Концентрация основных эссенциальных микроэлементов в крови поросят-гипотрофиков по завершении опыта значительно не отличалась (5%) от группы поросят-нормотрофиков, что указывает на нормализацию элементного гомеостаза.

Известно, что марганец может выступать в роли посредника, определяющего баланс между степенью воспалительной реакции и активностью антиоксидантных систем, который чрезвычайно важен на начальных этапах иммунной защиты, входит в состав ферментов антиоксидантной системы, оказывает влияние на процессы гликогенеза и регуляции уровня глюкозы в крови, необходим для синтеза молекулы инсулина, при недостатке марганца происходят гормональные сбои, стимулируют синтез интерферонов и через повышение продукции этих цитокинов, активировать естественную киллерную активность [3, 11].

Железо принимает участие в синтезе гемоглобина [10], является фактором перекисного окисления липидов, играет важную роль в поддержании резистентности организма, неспецифической защите, клеточном и местном иммунитете [6, 16].

Медь является необходимым кофактором для нескольких важнейших ферментов, катализирующих разнообразные окислительно-восстановительные реакции, без которых нормальная жизнедеятельность невозможна. Играет важную роль в поддержании нормального состава крови, т.к. активизирует железо печени для образования гемоглобина. В клетках ионы меди находятся в виде комплексных соединений с биологически активными веществами: нуклеиновыми кислотами, аминокислотами, биогенными аминами, гормонами, или входят в состав белков [5,7,9].

Цинк необходим для синтеза гормона тимуса — тимулина, а также для стабилизации структуры ДНК, РНК и рибосом. В иммунном ответе цинку принадлежит важная биологическая роль: он способен индуцировать апоптоз в CD4+, CD8+, TCR $\alpha$  и CD3 $\alpha$  тимоцитах и ингибировать активность каспазы-3, при дефиците Zn резко снижается и активность тимидинкиназы. В настоящий момент Zn обнаружен более чем в двухстах металлоферментах, участвующих в различных метаболических процессах [13, 14, 15].

Кобальт входит в состав витамина цианокобаламина, недостаток которого может приводить к развитию анемии, к чему, в особенности, предрасположены поросята, может действовать как кофермент в некоторых пиррофосфатазах, пептидазах и аргиназах, может влиять на активность ферментов, в частности, аденилатциклазы, оказывает особое влияние на ферменты метаболизма [7, 12].

**Заключение.** Подводя итоги проведенного исследования, можно сделать вывод, что применение препарата «Простимул» поросьятам с гипотрофией в дозе 0,1 мл/кг. массы тела двукратно, в первый и третий дни жизни, приводит к балансу катаболических и анаболических путей обмена в организме животных, повышает жизнеспособность особей и их иммунореактивность, а также общую продуктивность, что оказывает влияние на нормализацию обмена эссенциальных микроэлементов в организме, на что указывает повышение количества марганца, железа, цинка, кобальта, меди в сыворотке крови у поросят с гипотрофией. Стоит отметить, что вопрос прямого влияния препарата «Простимул» на минеральный обмен в организме поросят остается открытым и требует дальнейшего изучения.

**Conclusion.** Summing up the results of the study, we can conclude that the use of the drug Prostimul in hypotrophic piglets at a dose of 0.1 ml/kg of body weight twice, in the first and third days of life, leads to a balance of catabolic and anabolic metabolic pathways in the body of animals, increases the viability of individuals and their immunoreactivity, as well as overall productivity, which affects the normalization of the exchange of essential microelements in the body, as indicated by increasing the amount of manganese, iron, zinc, cobalt, copper in the blood serum of hypotrophic piglets. It is worth noting that the issue of the direct effect of the drug Prostimul on mineral metabolism in piglets remains open and requires further study.

**Список литературы.** 1. Арсанукаев, Д. Л. Влияние комплексонатов эссенциальных микроэлементов на физиолого-биохимический статус крови растущего молодняка крупного рогатого скота / Д. Л. Арсанукаев, Х. М. Зайналабдиева, А. А. Шидаева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 1(99). – С. 201-205. 2. Влияние простимула на иммунный статус, продуктивность и сохранность оставших в росте поросят / А. Г. Шахов [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2021. – Т. 57, № 2. – С. 133-137. 3. Гуриева, З. С. Микроэлементозы как фактор снижения резистентности при инфекцион-

ных заболеваниях / З. С. Гуриева, Г. А. Гипаева // Медицина Кыргызстана. – 2022. – № 1. – С. 8-10. 4. Жаров, А. В. Функциональная морфология органов иммунной и эндокринной систем поросят при гипотрофии / А. В. Жаров // Ветеринарная патология. – 2003. – № 2(6). – С. 58-59. 5. Коджакова, С. З. Биологическая роль меди в живых организмах / С. З. Коджакова // Новая наука: От идеи к результату. – 2016. – № 5-3(84). – С. 8-12. 6. Корovina, Н. А. Роль железа в организме и коррекция его дефицита у детей / Н. А. Корovina, И. Н. Захарова, Н. Е. Малова // Вопросы современной педиатрии. – 2004. – Т. 3, № 5. – С. 86-91. 7. Корочкина, Е. А. Влияние микроэлементов цинка, кобальта, йода, селена, марганца, меди на здоровье и продуктивные качества животных / Е. А. Корочкина // Генетика и разведение животных. – 2016. – № 3. – С. 69-73. 8. Оценка биохимических показателей крови коров с низкими воспроизводительными качествами после внутримышечного введения препарата, содержащего комплекс эссенциальных микроэлементов / А. Н. Фролов [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101, № 2. – С. 97-103. 9. Попов, Д. А. Влияние меди на организм человека / Д. А. Попов // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2017. – Т. 7, № 6. – С. 1068. 10. Пудовкин, Н. А. Обмен железа в организме поросят и пути его коррекции / Н. А. Пудовкин, Т. В. Гарипов, П. В. Смутнев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(124). – С. 49-53. 11. Сравнительный анализ содержания эссенциальных микроэлементов в сыворотке крови здоровых и заболевших коронавирусной инфекцией / Г. А. Гипаева [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. – 2022. – № 10(124). 12. Султонова, С. Ф. Биологическая роль кобальта в организме / С. Ф. Султонова, И. И. Норов // Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha : Xalqaro ishtirok bilan respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami, Buxoro, 07–08 oktyabrya 2022 goda. – Buxoro: DURDONA, 2022. – С. 202-204. 13. Тихомирова, Г. С. Биологическая роль и обмен цинка в организме молодняка свиней / Г. С. Тихомирова, Т. И. Логвинова, А. И. Тихомиров // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2013. – № 1(40). – С. 126-128. 14. Трошина, Е. А. Роль цинка в процессах синтеза и метаболизма гормонов щитовидной железы / Е. А. Трошина, Е. С. Сеньюшкина // Клиническая и экспериментальная тиреодология. – 2020. – Т. 16, № 3. – С. 25-30. 15. Эльдерханова, М. Л. Физиологическая роль цинка в процессе метаболизма / М. Л. Эльдерханова // Наука и молодежь : Всероссийская научно-практическая конференция студентов, молодых ученых и аспирантов, Грозный, 27–28 октября 2016 года. – Грозный: Чеченский государственный университет, 2016. – С. 54-57. 16. Effect of proteinate or sulphate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets / S. Schiavon[et al] // Animal Science. – 2000. – Vol. 71. – P.131-139.

**References.** 1. Arsanukaev, D. L. Vliyanie kompleksonatov essentsialnykh mikroelementov na fiziologo-biokhimicheskiy status krovi rastushchego molodnyaka krupnogo rogatogo skota / D. L. Arsanukaev, Kh. M. Zaynalabdieva, A. A. Shidaeva // Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 1(99). – P. 201-205. 2. Vliyanie prostimula na immunnyy status, produktivnost i sokhrannost oststavshikh v roste porosyat / A. G. Shakhov, L. Yu. Sashnina, K. V. Tarakanova [et al.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny. – 2021. – V. 57, No. 2. – P. 133-137. 3. Gurieva, Z. S. Mikroelementozy kak faktor snizheniya rezistentnosti pri infektsionnykh zabolevaniyakh / Z. S. Gurieva, G. A. Gipaeva // Meditsina Kyrgyzstana. – 2022. – No. 1. – P. 8-10. 4. Zharov, A. V. Funktsionalnaya morfologiya organov immunoj i endokrinnoy sistem porosyat pri gipotrofii / A. V. Zharov // Veterinarnaya patologiya. – 2003. – No. 2(6). – P. 58-59. 5. Kodzhakova, S. Z. Biologicheskaya rol medi v zhivykh organizmakh / S. Z. Kodzhakova // Novaya nauka: Ot idei k rezultatu. – 2016. – No. 5-3(84). – P. 8-12. 6. Korovina, N. A. Rol zheleza v organizme i korrektsiya ego defitsita u detey / N. A. Korovina, I. N. Zakharova, N. E. Malova // Voprosy sovremennoy pediatrii. – 2004. – V. 3, No. 5. – P. 86-91. 7. Korochkina, E. A. Vliyanie mikroelementov tsinka, kobalta, yoda, selena, margantsa, medi na zdorovye i produktivnye kachestva zhivotnykh / E. A. Korochkina // Genetika i razvedenie zhivotnykh. – 2016. – No. 3. – P. 69-73. 8. Otsenka biokhimicheskikh pokazateley krovi korov s nizkimi vosproizvoditelnyimi kachestvami posle vnutrimyshechnogo vvedeniya preparata, sodержashchego kompleks essentsialnykh mikroelementov / A. N. Frolov [et al] // Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo. – 2018. – V. 101, No. 2. – P. 97-103. 9. Popov, D. A. Vliyanie medi na organizm cheloveka / D. A. Popov // Byulleten meditsinskih internet-konferentsiy. – 2017. – V. 7, No. 6. – P. 1068. 10. Pudovkin, N. A. Obmen zheleza v organizme porosyat i puti ego korrektsii / N. A. Pudovkin, T. V. Garipov, P. V. Smutnev // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – No. 2(124). – P. 49-53. 11. Sravnitelnyy analiz sodержaniya essentsialnykh mikroelementov v syvorotke krovi zdorovykh i zabolevshikh koronavirusnoy infektsiei / G. A. Gipaeva [et al] // Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. – 2022. – No. 10(124). 12. Sul-tonova, S. F. Biologicheskaya rol kobalta v organizme / S. F. Sul-tonova, I. I. Norov // Kimyo va tibbiyot: nazariyadan amaliyotgacha : Xalqaro ishtirok bilan respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallar to'plami, Buxoro, 07–08 oktyabrya 2022 goda. – Buxoro: DURDONA, 2022. – P. 202-204. 13. Tikhomirova, G. S. Biologicheskaya rol i obmen tsinka v organizme molodnyaka sviney / G. S. Tikhomirova, T. I. Logvinova, A. I. Tikhomirov // Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2013. – No. 1(40). – P. 126-128. 14. Troshina, E. A. Rol tsinka v protsessakh sinteza i metabolizma gormonov shchitovidnoy zhelezy / E. A. Troshina, E. S. Senyushkina // Klinicheskaya i eksperimentalnaya tireoidologiya. – 2020. – V. 16, No. 3. – P. 25-30. 15. Elderkhanova, M. L. Fiziologicheskaya rol tsinka v protsesse metabolizma / M. L. Elderkhanova // Nauka i molodezh : Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya studentov, molodykh uchenykh i aspirantov, Groznyy, 27–28 oktyabrya 2016 goda. – Groznyy: Chechenskiy gosudarstvennyy universitet, 2016. – P. 54-57. 16. Effect of proteinate or sulphate mineral sources on trace elements in blood and liver of piglets / S. Schiavon[et al] // Animal Science. – 2000. – Vol. 71. – P.131-139.

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-40-44  
УДК 619:612.1:618.2:636.2**СОДЕРЖАНИЕ МАКРО-, МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ КОРОВ ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ И ОСЛОЖНЕННОМ ТЕЧЕНИИ ГЕСТАЦИИ****Михалёв В.И. ORCID ID 0000-0001-9684-4045, Скориков В.Н. ORCID ID 0000-0002-3135-5811, Чусова Г.Г. ORCID ID 0000-0003-1494-8807**

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

*В статье представлены материалы изучения уровня основных макро-, микроэлементов в крови коров при физиологическом и осложненном течении беременности. Патологическое течение беременности проявлялось в форме синдрома задержки развития плода. Установлено, что в первые 2 месяца беременности у коров с осложненным течением гестации содержание меди ниже на 19,5%, цинка – на 17,2%, марганца – на 17,5%, связанного с белком йода – на 19,3%, что является одним из предрасполагающих факторов возникновения и развития патологии беременности. В 135-150 дней при патологическом течении беременности сохраняется тенденция пониженного содержания (16,1-34,6%) основных макро-, микроэлементов в крови, что приводит к замедлению роста плода, проявляющееся уменьшением его размеров на 21,6-42,5%, плацентом – на 38,7%, средниматочных артерий – на 8,5% при повышении показателей артериального давления на 15,0-18,8%, что рассматривается как компенсаторный механизм, обеспечивающий необходимый уровень поступления питательных веществ и кислорода плоду. На заключительном этапе беременности при осложненном ее течении в крови коров констатировано достоверное снижение концентрации меди на 23,9%, цинка – на 22,3%, марганца – на 28,9%, кобальта – на 39,2%, связанного с белком йода – на 24,9%, свидетельствующее о нехватке эссенциальных элементов, необходимых для роста и развития плода. **Ключевые слова:** коровы, беременность, синдром задержки развития плода, макро-, микроэлементы.*

**BLOOD CONTENT OF MACRO-, MICROELEMENTS IN COWS IN DURING PHYSIOLOGICAL AND COMPLICATED COURSE OF GESTATION****Mikhalev V.I., Skorikov V.N., Chusova G.G.**FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",  
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the material on studying the blood level of the main macro- and microelements in cows in case of physiological and complicated gestation course. The pathological gestation course manifested itself in the form of fetal intrauterine growth restriction syndrome. It has been found that in the first 2 months of gestation in the cows with complicated gestation, the content of copper is lower by 19.5%, zinc – by 17.2%, manganese – by 17.5%, protein-bound iodine – by 19.3%, which is one of the predisposing factors of the occurrence and development of gestation pathology. At the period of 135-150 days, in case of the pathological gestation course, the trend towards a reduced blood content (16.1-34.6%) of the main macro- and microelements persists, which leads to a slowdown in fetal growth, manifested by a decrease in its size by 21.6-42.5 %, placentas – by 38.7%, middle uterine arteries – by 8.5%, in case of an increase in blood pressure by 15.0-18.8%, which is considered as a compensatory mechanism that provides the necessary level of nutrients and oxygen to the fetus. At the final stage of gestation, in case of its complicated course, a significant decrease in the blood concentration of copper by 23.9%, zinc – by 22.3%, manganese – by 28.9%, cobalt – by 39.2%, protein-bound iodine – by 24.9% was detected, indicating a lack of essential elements necessary for the growth and development of the fetus. **Keywords:** cows, gestation, fetal growth restriction syndrome, macro- and microelements.*

**Введение.** Интенсификация воспроизводства и максимальное получение животноводческой продукции невозможно без обеспечения надлежащего течения беременности, которая является определяющим периодом для дальнейшего развития животного. Основными причинами, приводящими к осложнениям гестации, являются синдром задержки развития и гибели плода, абортс различной этиологии, гестоз (поздний токсикоз беременных). Эмбриональная смертность и синдром задержки развития эмбриона и плода диагностируются у 16,7-38,5% беременных животных, поздний токсикоз – у 12,4-19,6% [1, 2].

Обеспечение беременных коров основными минеральными веществами имеет важное значение для нормального развития эмбриона, плода и рождения жизнеспособного приплода. Как свидетельствуют результаты многочисленных исследований, в большинстве случаев беременные коровы испытывают дефицит по эссенциальным макро-, микроэлементам, таким как железо, медь, цинк, кобальт, марганец [3, 4]. Пониженное содержание основных минеральных веществ в крови важно на всех этапах беременности, как на ранних стадиях, когда идет закладка внутренних органов, так и на поздних, когда происходит заключительное формирование плода, составляющее 75-80% массы тела при рождении. При этом около 75% основных макро-, микроэлементов в организме новорожденных телят откладывается в последнюю треть внутриутробного развития [5, 6].

От обеспеченности беременных животных полноценным кормлением, в том числе минеральным, зависит качество получаемого приплода. Нехватка основных минеральных веществ в рационе беременных коров способствует рождению телят с пониженными показателями жизнеспособности, отстающими в росте и развитии, имеющих более низкую молочную продуктивность, по сравнению с матерями [7, 8].

Одним из маркеров обеспеченности животных минеральными веществами являются результаты гематологических исследований. В этой связи, изучение уровня макро-, микроэлементов в крови с различным характером течения беременности является актуальным и требующим детального изучения.

**Цель исследований** – изучить содержание основных макро-, микроэлементов в крови коров с различным характером течения беременности.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследований служили беременные коровы голштинской породы, принадлежащие одному из хозяйств Орловской области с годовой молочной продуктивностью 9000-9500 кг. Животные включены в опыт, начиная с 60-75 дней беременности. В этот период на основании проведенных клинико-эхографических исследований беременные коровы были разделены на две группы: физиологическое течение беременности (n=15) и осложненное (n=12). Осложненное течение гестации клинически проявлялось в форме синдрома задержки развития плода. Клинико-эхографические исследования выполнены в соответствии с «Методическим пособием по диагностике и профилактике внутриутробной задержки развития и гибели эмбрионов у коров» (Воронеж, 2022). Были изучены следующие показатели: копчиково-теменной размер, диаметр корпуса, размер плацентом, диаметр среднематочной артерии, величина артериального (систолического и диастолического) давления. От коров, включенных в опыт, отобраны пробы крови в 60-75, 135-150 и 200-210 дней беременности для проведения лабораторных исследований по определению уровня общего кальция, неорганического фосфора, меди, цинка, марганца, железа, кобальта, связанного с белком йода, магния. Гематологические исследования проведены по общепринятым методам. Полученный цифровой материал подвергали математической обработке с использованием пакета прикладных программ Statistica 6.0.

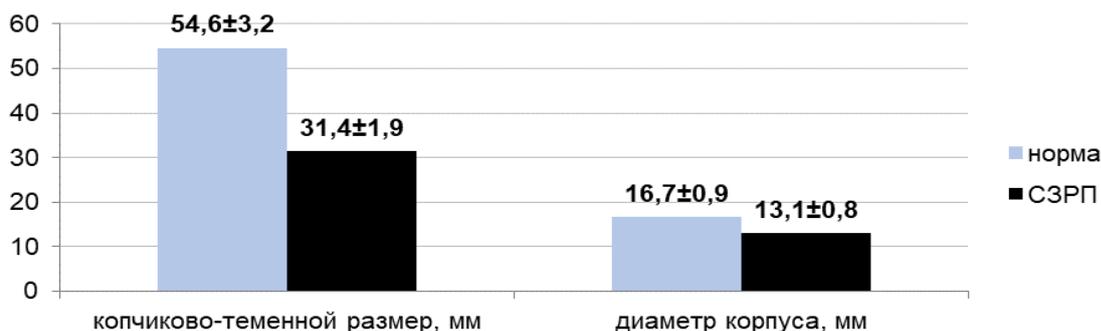
**Результаты исследований.** Результаты изучения содержания макро-, микроэлементов в крови коров в 60-75 дней беременности при различном характере ее течения представлены в таблице 1. Установлено, что при осложненном характере течения гестации в форме синдрома задержки развития плода в 60-75 дней содержание кальция ниже на 4,2% по сравнению с животными с физиологической беременностью, меди – на 19,5% (P<0,001), цинка – на 17,2% (P<0,05), железа – на 9,9%, марганца – на 17,5% (P<0,01), связанного с белком йода – на 19,3% (P<0,001), при повышении концентрации неорганического фосфора на 8,1% (P<0,05). Установленные различия в содержании минеральных веществ являются одними из предрасполагающих факторов возникновения и развития патологии беременности.

**Таблица 1 - Содержание макро-, микроэлементов в крови коров в 60-75 дней беременности при физиологическом и осложненном течении гестации**

№№ п/п	Показатели	Характер течения беременности	
		физиологическое течение беременности, n=15	синдром задержки развития плода, n=12
1	Кальций, мМ/л	2,57±0,15	2,46±0,13
2	Фосфор, мМ/л	1,86±0,03	2,01±0,04*
3	Медь, мкМ/л	16,9±0,39	13,6±0,66***
4	Цинк, мкМ/л	44,7±2,06	37,0±2,81*
5	Марганец, мкМ/л	3,09±0,12	2,55±0,12**
6	Железо, мМ/л	4,45±0,34	4,01±0,24
7	Кобальт, мкМ/л	0,65±0,01	0,61±0,04
8	СБИ, мкг%	3,89±0,11	3,14±0,11***
9	Магний, мг%	2,19±0,11	2,12±0,12

Примечания: \* - P<0,05; \*\* - P<0,01; \*\*\* - P<0,001 – по сравнению с физиологическим течением беременности.

Морфометрические показатели плода при различном характере течения гестации в 2,0 месяца представлены на рисунке 1. Установлено, что развитие синдрома задержки характеризуется уменьшением длины плода в 60-75 дней гестации в 1,74 раза (P<0,001), диаметра корпуса – на 21,6% (P<0,05), свидетельствующее о нарушении процессов питания развивающегося зародыша.



**Рисунок 1 – Размеры плода у коров в 60-75 дней беременности при различном характере ее течения**

Результаты гематологических исследований коров в 135-150 дней беременности при физиологическом и осложненном течении гестации представлены в таблице 2.

**Таблица 2 - Содержание макро-, микроэлементов в крови коров в 135-150 дней беременности при физиологическом и осложненном течении гестации**

№№ п/п	Показатели	Характер течения беременности	
		физиологическое течение беременности, n=15	синдром задержки развития плода, n=12
1	Кальций, мМ/л	2,78±0,14	2,59±0,15
2	Фосфор, мМ/л	1,86±0,09	1,73±0,08
3	Медь, мкМ/л	17,1±0,33	13,5±0,33***
4	Цинк, мкМ/л	44,7±0,73	37,2±1,08***
5	Марганец, мкМ/л	3,19±0,11	2,54±0,13**
6	Железо, мМ/л	4,41±0,17	4,12±0,16
7	Кобальт, мкМ/л	0,78±0,02	0,51±0,03***
8	СБЙ, мкг%	4,22±0,11	3,54±0,17**
9	Магний, мг%	2,35±0,12	2,15±0,13

Примечания: \*\* - P<0,01; \*\*\* - P<0,001 – по сравнению с физиологическим течением беременности.

Установлено, что при патологическом течении беременности в 135-150 дней сохраняется тенденция пониженного содержания основных макро-, микроэлементов в крови. Так, концентрация кальция ниже на 6,8%, чем при физиологическом течении беременности, фосфора – на 7,0%, меди – на 21,1% (P<0,001), цинка – на 16,8% (P<0,001), марганца – на 20,4% (P<0,002), кобальта – на 34,6% (P<0,001), магния – на 8,5%, связанного с белком йода – на 16,1% (P<0,01) способствует развитию эмбриопатий.

Результаты клинико-эхографических исследований коров в 135-150 дней беременности представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Клинико-эхографические показатели беременных коров в 135-150 дней гестации при различном характере ее течения**

Установлено, что в 135-150 дней беременности при осложненном течении гестации диаметр плацентом меньше на 38,7% ( $P<0,001$ ), диаметр среднематочных артерий – на 8,5% ( $P<0,05$ ) при повышении показателей артериального давления соответственно систолического – на 18,8% ( $P<0,05$ ) и диастолического – на 15,0%, что рассматривается как компенсаторный механизм, обеспечивающий необходимый уровень поступления питательных веществ и кислорода плоду и сохранение беременности. Повышенные показатели артериального давления, кроме того, свидетельствуют о возможном риске развития гестоза на заключительном этапе беременности.

Результаты изучения содержания макро-, микроэлементов в крови коров в 200-210 дней беременности при физиологическом и осложненном течении гестации представлены в таблице 3.

Установлено, что у коров с осложненным течением беременности содержание кальция ниже на 7,1%, по сравнению с физиологическим ее течением, фосфора – на 7,8%, меди – на 23,9% ( $P<0,001$ ), цинка – на 22,3% ( $P<0,001$ ), марганца – на 28,9% ( $P<0,001$ ), железа – на 10,6%, кобальта – на 39,2% ( $P<0,001$ ), связанного с белком йода – на 24,9% ( $P<0,001$ ), свидетельствующее о нехватке эссенциальных элементов, необходимых для роста и развития плода.

**Таблица 3 - Содержание макро-, микроэлементов в крови коров в 200-210 дней беременности при физиологическом и осложненном течении гестации**

№№ п/п	Показатели	Характер течения беременности	
		физиологическое течение беременности, n=15	синдром задержки развития плода, n=12
1	Кальций, мМ/л	2,81±0,18	2,61±0,17
2	Фосфор, мМ/л	1,92±0,11	1,77±0,06
3	Медь, мкМ/л	16,7±0,64	12,7±0,73***
4	Цинк, мкМ/л	46,1±1,11	35,8±1,26***
5	Марганец, мкМ/л	3,35±0,17	2,38±0,18***
6	Железо, мМ/л	4,51±0,21	4,03±0,19
7	Кобальт, мкМ/л	0,79±0,03	0,48±0,02***
8	СБИ, мкг%	4,81±0,17	3,61±0,15***
9	Магний, мг%	2,28±0,13	2,14±0,09

Примечания: \*\*\*-  $P<0,001$  – по сравнению с физиологическим течением беременности.

**Заключение.** Осложненное течение беременности, по сравнению с физиологическим ее течением, сопровождается снижением уровня в крови основных макро-, микроэлементов. В 2 месяца беременности у коров с синдромом задержки развития плода установлено достоверное снижение меди на 19,5%, цинка – на 17,2%, марганца – на 17,5%, связанного с белком йода – на 19,3%, являющееся одним из предрасполагающих факторов возникновения и развития патологии беременности. В 135-150 дней при патологическом течении беременности сохраняется тенденция пониженного содержания (16,1-34,6%) основных макро-, микроэлементов в крови. Снижение уровня основных минеральных веществ в крови коров приводит к замедлению роста плода, проявляющееся уменьшением его размеров на 21,6-42,5%, плацентом – на 38,7%, среднематочных артерий – на 8,5% при повышении показателей артериального давления на 15,0-18,8%, что рассматривается как компенсаторный механизм, обеспечивающий необходимый уровень поступления питательных веществ и кислорода плоду. На заключительном этапе беременности при осложненном ее течении в крови коров констатировано достоверное снижение концентрации меди на 23,9%, цинка – на 22,3%, марганца – на 28,9%, кобальта – на 39,2%, связанного с белком йода – на 24,9%, свидетельствующее о нехватке эссенциальных элементов, необходимых для роста и развития плода.

**Conclusion.** The complicated gestation course, in comparison with physiological gestation, is accompanied by a decrease in the blood level of the main macro- and microelements. At the period of 2 months of gestation in the cows with fetal growth restriction syndrome, a significant decrease in copper has been found by 19.5%, zinc – by 17.2%, manganese – by 17.5%, protein-bound iodine – by 19.3%, which is one of the predisposing factors of the occurrence and development of gestation pathology. At the period of 135-150 days, in case of the pathological gestation course, the trend towards a reduced blood content (16.1-34.6%) of the main macro- and microelements persists. A decrease in the blood level of the main minerals in cows leads to a slowdown in fetal growth, manifested by a decrease in its size by 21.6-42.5%, placentas – by 38.7%, middle uterine arteries – by 8.5%, in case of an increase in blood pressure by 15.0-18.8%, which is considered as a compensatory mechanism that provides the necessary level of nutrients and oxygen to the fetus. At the final stage of gestation with the complicated course, there was detected a significant decrease in the concentration of copper by 23.9%, zinc – by 22.3%, manganese – by 28.9%, cobalt – by 39.2%, protein-bound iodine – by 24.9%, indicating a lack of essential elements necessary for the growth and development of the fetus.

**Список литературы.** 1. Проблема гестоза у беременных животных в молочном скотоводстве и свиноводстве / В. Д. Мисайлов [и др.] // Российский ветеринарный журнал. - 2007. - Спец. выпуск. Май. - С. 13. 2. Humblot, A. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants / A. Humblot // Theriogenology. - 2001. - Vol. 56. - P. 1417-1433. 3. Клинико-гематологический и биохимический статус коров при гестозе / А. Г. Нежданов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. - 2010. - № 4. - С. 118-123. 4. Морфо-биохимический статус крови коров с физиологическим и осложнённым течением гестации / В. И. Михалёв [и др.] // Ветеринарный фармакологический вестник. - 2024. - №1 (26). - С. 76-87. - DOI: 10.17238/issn2541-8203.2024.1.76. 5. Буряков, Н. П. Кормление стельных сухостойных коров / Н. П. Буряков // Молочная промышленность. - 2008. - № 4. - С. 11-13. 6. Казаков, В. Влияние полноценного кормления сухостойных коров на биохимические показатели крови / В. Казаков // Современные научные тенденции в животноводстве, охотоведении и экологии: сб. ст. Международ. научно-практ. конф. - Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. - С. 85-87. 7. Ярмоц, Л. Эффективность использования минерального премикса в рационах сухостойных коров / Л. Ярмоц, Ю. Петрова // Главный зоотехник. - 2012. - № 3. - С. 25-27. 8. Эфендиев, Б. Ш. Уровень минерального питания стельных коров и его влияние на эмбриональное и постэмбриональное развитие телят / Б. Ш. Эфендиев, А. С. Вороков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2018. - № 2 (160). - С. 111-115.

**References.** 1. Problema gestoza u beremennyh zhivotnyh v molochnom skotovodstve i svinovodstve / V. D. Misajlov [i dr.] // Rossijskij veterinarnyj zhurnal. - 2007. - Spec. vypusk. Maj. - S.13. 2. Humblot, A. Use of pregnancy specific proteins and progesterone assays to monitor pregnancy and determine the timing frequencies and sources of embryonic mortality in ruminants / A. Humblot // Theriogenology. - 2001. - Vol. 56. - R. 1417-1433. 3. Kliniko-gematologicheskij i biohimicheskij status korov pri gestoze / A. G. Nezhdanov [i dr.] // Sel'skochozyajstvennaya biologiya. - 2010. - № 4. - S. 118-123. 4. Morfo-biohimicheskij status krovi korov s fiziologicheskim i oslozhnyonnym techeniem gestacii / V. I. Mihalyov [i dr.] // Veterinarnyj farmakologicheskij vestnik. - 2024. - №1 (26). - S. 76-87. - DOI: 10.17238/issn2541-8203.2024.1.76. 5. Buryakov, N. P. Kormlenie stel'nyh suhostojnyh korov / N. P. Buryakov // Molochnaya promyshlennost'. - 2008. - № 4. - S. 11-13. 6. Kazakov, V. Vliyaniye polnocennogo kormleniya suho-stojnyh korov na biohimicheskie pokazateli krovi / V. Kazakov // Sovremennye nauchnye tendencii v zhivotnovodstve, ohotovedenii i ekologii: sb. st. Mezhdunarod. nauchno-prakt. konf. - Kirov: FGBOU VPO Vyatskaya GSHA, 2012. - S. 85-87. 7. Yarmoc, L. Effektivnost' ispol'zovaniya mineral'nogo premiksa v racionah suhostojnyh korov / L. Yarmoc, Yu. Petrova // Glavnyy zootekhnik. - 2012. - № 3. - S. 25-27. 8. Efendiev, B. Sh. Uroven' mineral'nogo pitaniya stel'nyh korov i ego vliyaniye na embrional'noe i postembrional'noe razvitie telyat / B. Sh. Efendiev, A. S. Vorokov // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2018. - № 2 (160). - S. 111-115.

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-44-48  
УДК 619:618.19-002:636.2

#### ИЗУЧЕНИЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ СУБКЛИНИЧЕСКОГО МАСТИТА КОРОВ

Перегончий А.Р. ORCID ID 0009-0001-7927-6282, Павленко О.Б. ORCID ID 0000-0001-9086-9241, Зимников В.И. ORCID ID 0000-0002-6371-7143

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

В статье представлены материалы по изучению клинической эффективности комплексной схемы лечения субклинического мастита у коров интерферонсодержащим препаратом «Миксоферон» в сочетании с комплексной мазью «Уберосепт». Комплексная схема лечения субклинического мастита у коров, включающая внутримышечное введение миксоферона в дозе 3,0 мл 2 раза в день в течение 7 дней и нанесение мази «Уберосепт» в дозе 3,0 г 1 раз в день в течение 5 дней на пораженную четверть вымени, обеспечила терапевтическую эффективность 80,0-83,3%. Подтверждает большую терапевтическую эффективность и исследование секрета молочной железы на количество соматических клеток. После проведенного курса лечения в обеих опытных группах содержание соматических клеток снизилось на 63,6% и 54,2% соответственно. **Ключевые слова:** коровы, соматические клетки, субклинический мастит, интерферонсодержащий препарат «Миксоферон», мазь «Уберосепт».

#### STUDY OF THE THERAPEUTIC EFFICACY OF A COMPLEX TREATMENT REGIMEN FOR BOVINE SUBCLINICAL MASTITIS

Peregonchiy A.R., Pavlenko O.B., Zimnikov V.I.

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

The article presents the material on the study of the clinical efficacy of a complex treatment regimen for bovine subclinical mastitis with the interferon-containing drug Mixoferon in combination with the complex ointment Uberosept. This complex treatment regimen for bovine subclinical mastitis, including intramuscular administration of Mixoferon at a dose of 3.0 ml 2 times a day for 7 days and applying the ointment Uberosept at a dose of 3.0 g once a day for 5 days

*on the affected quarter of the udder, provided a therapeutic efficacy of 80.0-83.3%. And the greater therapeutic efficacy is also confirmed by the somatic cells count test for the mammary gland secretion. After the treatment course in both experimental groups, the content of somatic cells decreased by 63.6% and 54.2%, respectively. **Keywords:** cows, somatic cells, subclinical mastitis, interferon-containing drug Mixoferon, ointment Uberosept.*

**Введение.** Мастит является наиболее распространенным производственным заболеванием молочных стад во всем мире и вызывает ряд производственных проблем. Мастит снижает продуктивность и существенно ухудшает качество молока. После заболевания маститом корова теряет продуктивность на протяжении нескольких лактаций [9]. Для лечения мастита в молочной промышленности чаще всего применяются противомикробные препараты, как для клинической формы, так и для терапии сухостойных коров. Доказано, что использование противомикробных препаратов способствует возникновению и поддержанию устойчивости к противомикробным препаратам. Это приводит к заболеванию людей антибиотикоустойчивыми штаммами микроорганизмов [7]. Так как антибиотики применяются в молочном скотоводстве в огромном объеме, в ряде стран применяются меры по сокращению использования антибиотиков. Существует множество программ, направленных на сокращение использования антибиотиков в сельском хозяйстве. Это позволит защитить население от мультирезистентных штаммов микроорганизмов, а также предотвратить их появление. Такие мероприятия также позволят сохранить терапевтический эффект антибиотиков. Помимо прочего, применение антибиотиков приводит к браковке и утилизации молока, что наносит серьезный ущерб молочным фермам [4, 10]. Несмотря на негативные последствия применения антибиотиков, их применение против мастита клинической и субклинической формы довольно эффективно. Однако среди ветеринарных специалистов увеличивается потребность в использовании эффективных препаратов против мастита, не являющихся антибиотиками. Многими учеными исследуются многообещающие концепции лечения мастита. Использование экстрактов трав в традиционной медицине (нутрицевтиках) известно в старых культурах по всему миру. Некоторые растения с противомикробным, противовоспалительным или иммуномодулирующим действием находятся в стадии изучения и имеют первичные многообещающие эффекты. Все больше данных о парентеральном и местном использовании фитокомпонентов для терапии мастита [6, 12]. Применение экологически чистых компонентов не должно оказывать иммуносупрессорного действия и не вызывает устойчивости у микроорганизмов как при применении противомикробных средств. Также применение фитокомпонентов, за редким исключением, не приводит к ухудшению качества молока, что позволяет его реализовывать [1]. Наиболее распространенная форма мастита – субклиническая. Субклинический мастит представляет собой бессимптомное воспаление молочной железы и может поражать до 50,0% животных [11]. Подавляющее большинство маститов имеет бактериальное происхождение, на их долю приходится более 90,0% случаев. Спектр микроорганизмов, вызывающих мастит, огромен и включает как патогенную, так и условно-патогенную микрофлору [8]. Исходя из этого, в комплексной терапии мастита должны быть средства, направленные на подавление микроорганизмов, вызывающих патологию. Помимо этого, необходимо купировать воспалительные процессы, протекающие в молочной железе. Перспективным является применение иммуномодуляторов [3].

**Цель исследований** – провести производственные испытания терапевтической эффективности интерферон-содержащего препарата «Миксоферон» в сочетании с комплексной мазью «Уберосепт».

**Материалы и методы исследований.** Производственные испытания иммуномодулятора «Миксоферон» в сочетании с мазью «Уберосепт» были проведены в условиях молочно-товарного комплекса ООО «Агротех-Гарант» Задонье и молочно-товарной фермы ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» Рамонского района Воронежской области. Материалом для исследований служили лактирующие, больные субклиническим маститом коровы красно-пестрой, черно-пестрой голштинской и симментальской пород в возрасте от 1 до 8 лактаций. Диагноз «субклинический мастит» ставили на основании реакции диагностикума *Kenotest* с молоком, анамнеза и клинического осмотра. В результате нами были отобраны по 30 голов больных субклиническим маститом коров с 41 и 39 большими долями соответственно в каждом хозяйстве. Впоследствии из больных животных было сформировано две опытные группы и 2 группы контроля.

В опытных группах применяли комплексную мазь «Уберосепт» на протяжении 5 дней один раз в день. Препарат «Миксоферон» в дозировке 3,0 мл внутримышечно 2 раза в день с интервалом 12 часов. В группах контроля применяли камфорную мазь 10,0% на протяжении 5 дней один раз в день. Перед нанесением мази проводили механическую очистку кожи молочной железы, инъекции проводили согласно правилам асептики и антисептики. В опытную группу в ООО «Агротех-Гарант» Задонье были отобраны 20 голов с 28 поражёнными долями, а в ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» - 18 голов с 24 поражёнными долями. В группе контроля было 10 и 12 голов с 13 и 15 поражёнными долями соответственно. Эффективность лечения оценивали спустя 5 дней после пройденного курса с помощью экспресс-диагностикума «*Kenotest*». Помимо этого, проводили исследования проб молока на количество соматических клеток. Данный критерий использовали как основной параметр наличия воспалительных процессов в молочной железе. Для этого отбирали пробы молока от 5 голов в каждой группе до лече-

ния и спустя 5 дней после окончания лечения. Подсчет соматических клеток в молоке проводили с помощью вискозимитрического счетчика соматических клеток «СОМАТОС».

**Результаты исследований.** В результате испытаний предложенная нами схема лечения позволила вылечить 16 животных, что составило 80,0% на базе молочно-товарного комплекса ООО «Агротех-Гарант» Задонье. При анализе количества больных долей установлено, что данная схема лечения была эффективна в 21 случае, что составило 75,0% от всех пораженных долей. На молочно-товарной ферме ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» терапевтическая эффективность составила 83,3% - 15 вылеченных коров соответственно. При этом из 24 больных долей выздоровлению подверглось 20, что составило 83,3% (таблица 1).

**Таблица 1 – Терапевтическая эффективность способа лечения лактирующих коров при субклиническом мастите**

Хозяйство	Группа	Находилось на лечении		Излечено			
		голов	долей	голов		долей	
				всего	%	всего	%
ООО «Агротех-Гарант» Задонье	Опытная	20	28	16	80,0	21	75,0
	Контроль	10	13	6	60,0	7	53,8
ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1»	Опытная	18	24	15	83,3	20	83,3
	Контроль	12	15	7	58,3	9	60,0

В группе контроля в условиях ООО «Агротех-Гарант» Задонье выздоровело 6 голов из 10, что составило 60,0%. При этом из 13 пораженных долей излечили 7, что составило 53,8%. На молочно-товарной ферме ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» в группе контроля излечили 7 голов – 58,3% и 9 долей – 60,0%. В результате проведенных испытаний на базе молочно-товарного комплекса ООО «Агротех-Гарант» Задонье и на молочно-товарной ферме ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» данная схема лечения позволила вылечить на 21,2% и 23,3% больше коров в сравнении с контролем. Предложенная нами схема лечения показала большую терапевтическую эффективность ввиду более обширного воздействия на механизм развития мастита у коров. Помимо иммуностимулирующего эффекта препарата «Миксоферон», который осуществляется в основном за счет усиления фагоцитоза  $\beta$ -интерферонами, комплексная мазь «Уберосепт» обладает ярко выраженным противовоспалительным действием. Ихтиол и живица сосновая в составе мази усиливают местное кровообращение, что приводит к временной гиперемии, восстанавливает трофику тканей, подвергшихся воспалительному процессу. Стоит отметить и антисептическое действие, которое оказывает комплексная мазь «Уберосепт». Живица сосновая, которая имеет в составе флавоноиды и фитонциды, оказывает бактерицидное действие против таких микроорганизмов, как *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae* [2]. Ихтиоловая мазь также обладает антисептическим эффектом благодаря своему действующему веществу – ихтаммолу.

При исследовании количества соматических клеток в опытных группах были получены следующие результаты (таблица 2)

**Таблица 2 – Количество соматических клеток в испытываемых группах**

Хозяйство	Группа	До лечения, тыс./мл	После лечения тыс./мл
ООО «Агротех-Гарант» Задонье	Опытная	937,4±87,4	341,4±45,7**
	Контроль	891,5±93,8	557,1±38,3*
ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1»	Опытная	875,1±83,1	401,2±22,7**
	Контроль	733,6±78,5	497,8±22,1*

Примечания: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \* – в сравнении до лечения.

Установлено, что в условиях ООО «Агротех-Гарант» Задонье в опытной группе наблюдали снижение количества соматических клеток на 63,6 %, в группе отрицательного контроля – на 37,5%. При этом содержание соматических клеток в опытной группе осталось выше нормы (больше 500 тыс.). При испытаниях в ООО «Авангард-Агро СХП Рамонское 1» установлено снижение количества соматических клеток в опытной группе на 54,2%, в группе контроля – на 32,1%. При этом в обеих группах наблюдали снижение содержания соматических клеток до пределов нормы. Большое снижение количества соматических клеток в опытных группах, которым применялась предложенная нами схема лечения, можно объяснить более выраженным противовоспалительным действием. Как следствие снижается интенсивность альтерации при субклиническом мастите и в секрет молочной железы меньше попадает разрушенных клеток железистой ткани вымени. Помимо этого, количество

соматических клеток может отражать напряженность иммунитета молочной железы, в частности, существует корреляция между циркулирующими иммунными комплексами и соматическими клетками [4]. Меньшее количество соматических клеток свидетельствует о частичном освобождении молочной железы от антигенов.

**Заклучение.** Комплексная терапия субклинического мастита с помощью предложенной нами схемы лечения в условиях двух хозяйств показала терапевтическую эффективность 75,0% и 83,3%. Этот результат выше по сравнению с группой контроля на 21,2% и 23,3% соответственно. Подтверждает большую терапевтическую эффективность и исследование секрета молочной железы на количество соматических клеток. После проведенного курса лечения в обеих опытных группах содержание соматических клеток снизилось на 63,6% и 54,2% соответственно, до пределов физиологической нормы. Снижение содержания соматических клеток в группе контроля было значительно ниже – на 37,5% и 32,1%. Наряду с противовоспалительным действием мази отмечается и активизация иммунных процессов в молочной железе. Антисептическое действие мази «Уберосепт» наряду с усилением фагоцитоза под действием «Миксоферона» снижает контаминацию вымени микроорганизмами-возбудителями. Все это позволяет сделать вывод о комплексном воздействии схемы лечения с применением интерферонсодержащего препарата «Миксоферон» и комплексной мази «Уберосепт», объясняет её высокую терапевтическую эффективность.

**Conclusion.** Combined therapy of subclinical mastitis using our proposed treatment regimen at two farms showed a therapeutic efficacy of 75.0% and 83.3%. This result is higher, compared to the control group, by 21.2% and 23.3%, respectively. The greater therapeutic efficacy is also confirmed by the somatic cells count test for the mammary gland secretion. After the course of treatment in both experimental groups, the content of somatic cells decreased to the physiological norm by 63.6% and 54.2%, respectively. The decrease in somatic cell content in the control group was significantly lower by 37.5% and 32.1%. Along with the anti-inflammatory effect of the ointment, the activation of immune processes in the mammary gland was also noted. The antiseptic effect of the ointment Uberosept, along with increased phagocytosis under the impact of Mixoferon, reduces contamination of the udder with pathogenic microorganisms. All this allows us to conclude that the treatment regimen using the interferon-containing drug Mixoferon and the complex ointment Uberosept has a complex effect and explains its high therapeutic efficacy.

**Список литературы.** 1.Ивашкевич, О. П. Эффективность препаратов на основе диоксидина и ветеринарно-санитарная оценка продукции животноводства после их применения / О. П. Ивашкевич // Ученые записки учреждения образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". – 2015. - Т. 51, №.1, ч. 1. - С. 45-48. 2. Изучение антибактериальных и биоцидных свойств сосновой живицы / П.А. Красочко [и др.] // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2021. - №10 (1). - С. 24-29. 3. Отечественные иммуностимуляторы в профилактике и терапии мастита коров / В. Г. Семенов [и др.] // Вестник Вятского ГАТУ. – 2022. – №. 1 (11). – С. 2. 4.Тарасенко, М. Н. Содержание циркулирующих иммунных комплексов в крови коров в зависимости от уровня соматических клеток в их молоке / М. Н. Тарасенко, М. В. Ряпосова // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2016. – № 3. – С. 134-136. 5. Barlow, J. Mastitis therapy and antimicrobial susceptibility: a multispecies review with a focus on antibiotic treatment of mastitis in dairy cattle / J. Barlow // Journal of mammary gland biology and neoplasia. – 2011. – Т. 16. – С. 383-407. 6. Bhatt V. D. et al. Evaluation of a topical herbal drug for its in-vivo immunomodulatory effect on cytokines production and antibacterial activity in bovine subclinical mastitis / V. D. Bhatt [et al] // AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda). – 2014. – Т. 35. – №. 2. – С. 198-205. 7. Invited review: Selective treatment of clinical mastitis in dairy cattle / E. de Jong [et al] // Journal of Dairy Science. – 2023. – Т. 106. – №. 6. – С. 3761-3778. 8. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return // J. L. Gonçalves [et al.] // Livestock Science. – 2018. - № 210. – P. 25-32. 9. Seegers H. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds / H. Seegers, C. Fourichon, F. Beaudeau // Veterinary Research. – 2003. – Vol. 34 (5). - P. 475-491. 10. Krömker, V. Mastitis treatment—Reduction in antibiotic usage in dairy cows / V. Krömker, S. Leimbach // Reproduction in Domestic Animals. – 2017. – Т. 52. – P. 21-29. 11. Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level / L. Forsbäck [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2010. - № 93 (8). – P.3569-3577. 12. Malinowski, E. The effect of low intensity laser irradiation of inflamed udders on the efficacy of antibiotic treatment of clinical mastitis in dairy cows / E. Malinowski, W. Krumrych, H. Markiewicz // Veterinariaitaliana. - № 55. – 2019. – P.253-26.

**References.** 1. Ivashkevich, O. P. Effektivnost' preparatov na osnove dioksidina i veterinarno-sanitarnaya ocenka produkcii zhivotnovodstva posle ih primeneniya / O. P. Ivashkevich // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny". – 2015. - Т. 51, №.1, ch. 1. - S. 45-48. 2. Izuchenie antibakterial'nyh i biocidnyh svoystv sosnovoj zhivicy / P.A. Krasochko [i dr.] // Sbornik nauchnyh trudov Krasnodarskogo nauchnogo centra po zootekhonii i veterinarii. – 2021. - №10 (1). - S. 24-29. 3. Otechestvennyye immunostimulyatory v profilaktike i terapii mastita korov / V. G. Semenov [i dr.] // Vestnik Vyatskogo GATU. – 2022. – №. 1 (11). – S. 2. 4.Тарасенко, М. Н. Soderzhanie cirkuliruyushchih immunnyh kompleksov v krvi korov v zavisimosti ot urovnya somaticheskikh kletok v ih moloke / М. Н. Тарасенко, М. В. Ряпосова // Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. – 2016. – № 3. – S. 134-136. 5. Barlow, J. Mastitis therapy and antimicrobial susceptibility: a multi-

*species review with a focus on antibiotic treatment of mastitis in dairy cattle / J. Barlow // Journal of mammary gland biology and neoplasia. – 2011. – Т. 16. – С. 383-407. 6. Bhatt V. D. et al. Evaluation of a topical herbal drug for its in-vivo immunomodulatory effect on cytokines production and antibacterial activity in bovine sub-clinical mastitis / V. D. Bhatt [et al] // AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda). – 2014. – Т. 35. – №. 2. – С. 198-205. 7. Invited review: Selective treatment of clinical mastitis in dairy cattle / E. de Jong [et al] // Journal of Dairy Science. – 2023. – Т. 106. – №. 6. – С. 3761-3778. 8. Bovine subclinical mastitis reduces milk yield and economic return // J. L. Gonçalves [et al.] // Livestock Science. – 2018. - № 210. – P. 25-32. 9. Seegers H. Production effects related to mastitis and mastitis economics in dairy cattle herds / H. Seegers, C. Fourichon, F. Beaudeau // Veterinary Research. – 2003. – Vol. 34 (5). - P. 475-491. 10. Krömker, V. Mastitis treatment—Reduction in antibiotic usage in dairy cows / V. Krömker, S. Leimbach // Reproduction in Domestic Animals. – 2017. – Т. 52. – P. 21-29. 11. Day-to-day variation in milk yield and milk composition at the udder-quarter level / L. Forsbäck [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2010. - № 93 (8). – P.3569-3577. 12. Malinowski, E. The effect of low intensity laser irradiation of inflamed udders on the efficacy of antibiotic treatment of clinical mastitis in dairy cows / E. Malinowski, W. Krumrych, H. Markiewicz // Veterinariaitaliana. - № 55. – 2019. – P.253-26.*

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-48-55

УДК 916:615.273:618.36:636.1

### **ГИСТОПАТОЛОГИЯ И ИММУНОЛОКАЛИЗАЦИЯ МАТРИКСНОЙ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ (MMP-2) И ЕГО ИНГИБИТОРА (TIMP-2) В ПЛАЦЕНТЕ У КОРОВ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ ПОСЛЕДА**

**Племяшов К.В. ORCID ID 0000-0002-3658-5886, Авдеенко В.С. ORCID ID 0000-0001-6154-275X, Мороз А.И. ORCID ID 0009-0009-0070-4861, Сафронов Д.И.**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследование выполнено в рамках и при поддержке гранта Российского научного фонда 23-26-00284, <https://rscf.ru/project/23-26-00284/>.

*Настоящее исследование направлено на установление морфологических изменений плаценты коров, с нормальными родами и задержанием последа, в которой была поставлена задача установить гистопатологию и иммунолокализацию матриксных металлопротеиназ. Были отобраны от 10 коров образцы плацент, которые разделили на две группы, аг (n=5) коров, от которых отобрали плаценты при нормальных родах и bg (n=5) коров, от которых получили плаценты при задержании последа. При патологических родах, сопровождающихся задержанием последа, установлена гиперплазия маточных крипт, выявлены области кровоизлияния, некроза, воспаления и кальцификации. В строме ворсин аллантохориона отмечали возрастание количества коллагеновых волокон и увеличение числа фибробластов, отличающихся более крупными, чем при нормальных родах, размерами. Сниженная активность матриксных металлопротеиназ у коров при задержании последа, указывает на деградацию внеклеточного матрикса материнской части плаценты и впоследствии может провоцировать репродуктивную патологию у родильниц, а отсутствие экспрессии матриксных металлопротеиназ в плодной части плаценты может быть предиктивным маркером неонатальных заболеваний новорожденных. **Ключевые слова:** плацента, крупный рогатый скот, морфология, задержание последа.*

### **HISTOPATHOLOGY AND IMMUNOLocalIZATION OF MATRIX METALLOPROTEINASE (MMP-2) AND ITS (TIMP-2) INHIBITOR IN THE PLACENTA OF COWS WITH PLACENTAL RETENTION**

**Plemyashov K.V., Avdeenko V.S., Moroz A.I., Safronov D.I.**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg State University of Veterinary Medicine", St. Petersburg, Russian Federation

The study was carried out within the framework and support of a grant from the Russian Science Foundation 23-26-00284, <https://rscf.ru/project/23-26-00284/>.

*The present study is aimed at establishing morphological changes in the placenta of cows with the normal course of calving and the retention of the placenta, the task was to establish histopathology and immunolocalization of matrix metalloproteinases. Placenta samples were taken from 10 cows, which were divided into two groups, ag (n=5) cows from whom placentas were taken during normal course of calving, and bg (n=5) cows from whom placentas were obtained at postpartum retention. In pathological parturition accompanied by the retention of placenta, hyperplasia of the uterine crypts was established, areas of hemorrhage, necrosis, inflammation and calcification were identified. In the stroma of the villi of the allantochorion an increase in the number of collagen fibers and an increase in the number of fibroblasts characterized by larger sizes than in normal parturition were observed. The reduced activity of matrix metalloproteinases in cows with the placental retention indicates degradation of the extracellular matrix of the maternal part of the placenta and may subsequently provoke reproductive pathology in puerpera, while the lack of expression of the*

*matrix metalloproteinases in the fetal part of the placenta may be a predictive marker of neonatal diseases of newborns.* **Keywords:** *placenta; cattle; morphology; retention of placenta.*

**Введение.** На высокотехнологичных молочных предприятиях, по данным исследований А. Е. Черницкого и др., (2019) «...массово отмечаются репродуктивные патологии, приводящие к длительному бесплодию коров, преждевременному выбытию из маточного стада и тормозу генетического потенциала». Поэтому ветеринарные специалисты молочных предприятий во многих странах мира, по данным публикаций B.V. Sanches et.al., (2019) «...прежде всего нацелены на обеспечение репродуктивного здоровья лактирующих животных и получение биологически безопасного и качественного молока от высокопродуктивных молочных коров». Животные продуценты молока, восприимчивы к послеродовым инфекциям матки [3], что приводит к нарушению фертильности и экономическим потерям. Основным этиологическим фактором развития патологического состояния в родах на завершающей стадии служат факторы, относящиеся к экстрагенитальной патологии [6]. Так, S.F.S. Tavares Farias et. al., (2023) утверждают: «...одними из основных факторов задержания последа служат иммунный дефицит, нарушение микроциркуляции с повреждением эндотелия капилляров эндометрия, эндокринные патологии, приводящие к нарушению маточно-плацентарного кровообращения плаценты особенно в конце стельности».

Согласно результатам исследований можно сделать заключение, что появились перспективы использования определения потенциальных предиктивных маркеров в сыворотке крови и белка в моче у коров с симптомами осложнения беременности и родов, что позволит прогнозировать развитие репродуктивных патологий у коров после родов. Матриксные металлопротеиназы (ММР) - это прежде всего цинк-зависимые ферменты, принадлежащие к подсемейству металлопептидаз М10А, которые, как выяснили Lean I.J., et. al., являются основными эффекторами деградации внеклеточного матрикса ММР, так как эндопептидазы обладают широким набором функций. При этом Breda F.L., et. al., (2022) установили, что «...матриксные металлопротеиназы модулируют активность различных биологически активных медиаторов, таких как факторы роста, цитокины и хемокины, либо прямым расщеплением, либо разрушая их связь с внеклеточным матриксом». Недавно была предложена современная система классификации ММР, основанная на структуре, а не на их субстратной специфичности: архетипические ММР, матрилизины, желатиназы и активируемые фурином ММР.

Кроме того, последние исследования E.E.C. Polisel, et. al., (2021) показали, что «...активность ММР регулируется на нескольких уровнях, начиная с транскрипционной регуляции экспрессии генов через факторы роста, цитокины, гормоны, а также клеточно-внеклеточные и клеточно-клеточные взаимодействия», что детализировано исследованиями [12], после активации зимогена различных ММР может происходить как внутриклеточно, так и на поверхности клетки или во внеклеточном пространстве, при этом данные авторы установили, что активность ММР регулируется через ингибирование различными механизмами и молекулами, такими как семейство белков TIMP (тканевые ингибиторы металлопротеиназ),  $\alpha$ 2-макроглобулин и мембран связанный белок RECK (индуцирующий реверсию цистеин-обогащенный белок с мотивами Kazal).

Таким образом, как считают [13], большинство типов матриксных металлопротеиназ являются секретлируемыми ферментами, которые целесообразно использовать в качестве прогностических маркеров репродуктивных патологий на последних сроках гестации - родильного пареза, дистоций, задержания последа, выворота матки в родах и метрита после отела.

**Целью исследований** являлось выяснение механизма развития задержания последа и установление гистопатологических изменений в плаценте у коров с использованием иммуногистохимических и иммунофлуоресцентных методов.

**Материалы и методы исследований.** Исследованию подвергались плацента: карункулы, котиледоны как отдельно, так и всего плацентома, по 15 образцов от каждой коровы экспериментальных групп. Исследуемый материал получен в высокотехнологичных молочных предприятиях Ленинградской области от животных в родах (n=10) при физиологически протекающих родах и (n=10) патологических родах (задержание последа) у коров голштинской породы, возраста от 3 до 5 лет, массой от 700 до 750 кг, с удоем от 11000 до 15000 литров за лактацию. Возраст и масса новорожденных соответствовали сроку гестации. Визуально отделенные последы соответствовали сроку созревания плаценты и продолжительности беременности.

Изготовление гистологических препаратов выполнялось по общепринятой методике с использованием световой микроскопии. Фиксацию изучаемого материала проводили в 10% нейтральном забуференном формалине HistoSafe (ООО «ЭргоПродакшн», Россия) в течение 24 часов. После нее осуществляли промывку органов и обезвоживание в дегидратирующем

растворе Изопреп (ООО «ЭргоПродакшн», Россия) по возрастающей концентрации в нескольких сериях по 30 минут в каждом. Гистологические срезы получали на ротационном микротоме «Ротмик-2» (ЗАО «Орион Медик», Россия) толщиной 5 мкм, которые впоследствии монтировали на предметные стекла и окрашивали стандартными методами для обзорного исследования (гематоксилином и эозином (ООО «ЭргоПродакшн», Россия) и специальными методами (альциановый синий для выявления кислых гликозаминогликанов, ШИК-реакция для выявления нейтральных гликозамингликанов, (ООО «ЭргоПродакшн», Россия) по общепринятым методам. Изучение и фотографирование гистологических препаратов проводили с использованием светооптического микроскопа Микмед-5 ЛОМО (АО «Ломо», Россия) при разных увеличениях. Использовали различные краски по Вейгерту (на эластические волокна), по Маллори (на коллагеновые волокна), толуидиновым синим при pH 2,5 (на сульфатированные гликозаминогликаны) и pH 5,5 (на несulfатированные гликозаминогликаны), ШИК-реакцию (на гликопротеины).

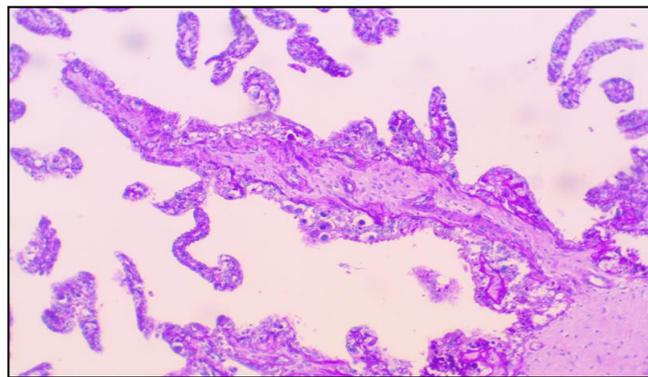
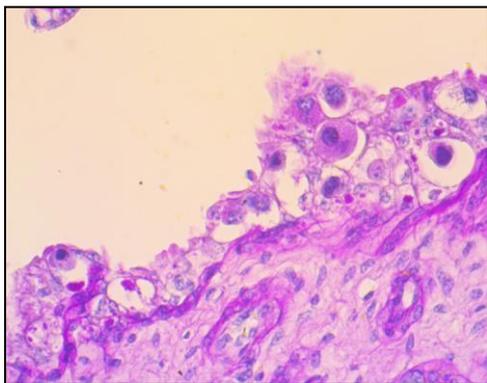
Парафиновые срезы монтировали на стекла, обработанные поли-L-лизинном («Menzel»). Демаскировку антигенов осуществляли путем кипячения срезов при 100°C в цитратном буфере с pH=6,0 в течение 10 минут. Пероксидазу проявляли 3-3-диаминобензидином из набора протокола. На последнем этапе образцы докрасивали гематоксилином Майера. Использовали антитела: AF5330 Антитело к MMP-2 <Affinity, КНР>100 мкл. и CSB-PA004294 TIMP-2 Antibody, <Cusabio, КНР> 50 мкг. Специально предназначенные парафиновые срезы образцов тканей толщиной 5 мкм монтировали на стекла, обработанные поли-L-лизинном (Menzel, Германия). Затем стекла горизонтально помещали во влажную камеру, наносили 2 вида первичных антител: антимышинные и антикроличьи и оставляли на ночь при 4 °С.

На следующий день стекла со срезами промывали в двух сменах 0,05 М Трис буфера по 20 минут и сначала инкубировали 1 час с вторичными антителами, конъюгированными с Alexa 594 (козьи-антикроличьи, Abcam), затем еще 30 минут с вторичными антителами, конъюгированными с FITC (козьи-антимышинные, Abcam). Промывали буфером в общей сложности 30 минут, затем на срезы наносили несколько капель заключающей среды, содержащей DAPI (Sigma). На следующий день стекла со срезами промывали в двух сменах 0,05 М Трис буфера по 20 минут и сначала инкубировали 1 час с вторичными антителами, конъюгированными с Alexa 594 (козьи-антикроличьи, Abcam), затем еще 30 минут с вторичными антителами, конъюгированными с FITC (козьи-антимышинные, Abcam). Промывали буфером в общей сложности 30 минут, затем на срезы наносили несколько капель заключающей среды, содержащей DAPI (Sigma).

При статистической обработке цифровых данных применяли пакет программ STATISTICA (StatSoft Inc., США, версия 7.0), которая адаптирована к ПК Microsoft Excel 2000 SPSS 10.0.5 for Windows.

**Результаты исследований.** В обработанных образцах плаценты коров при нормальных родах установлены участки интерстиция, содержащие клеточные элементы соединительной ткани, которые идентифицируются по овальным ядрам и веретенообразным цитоплазматическим отросткам, рисунок 1а. В гистопрепаратах (рисунок 1б) карункулов и котиледонов плаценты, полученных от коров с задержанием последа, идентифицируются относительно большие зоны дистрофически измененного хориального эпителия. Среди них располагаются фибробласты, макрофаги с пенистой цитоплазмой и фестончатыми краями.

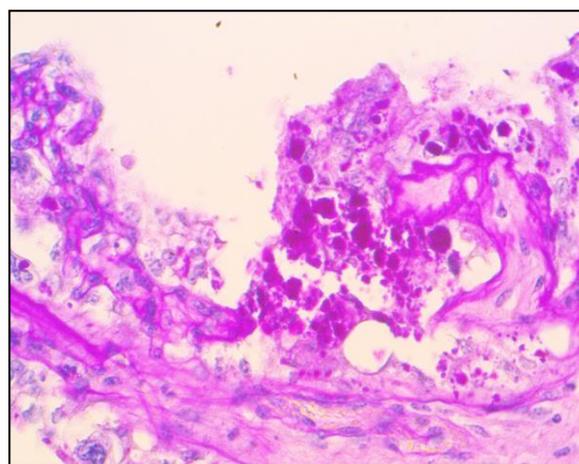
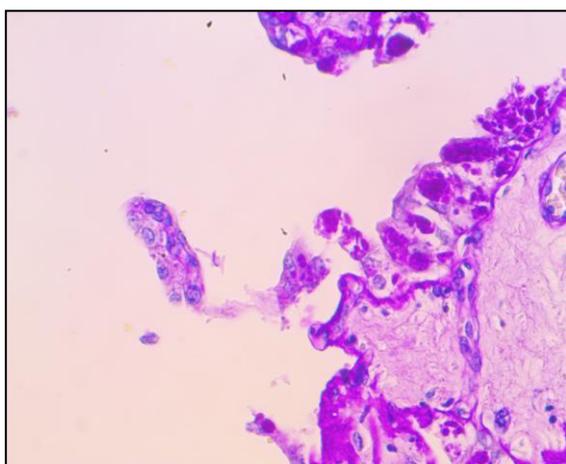
В строме крипт карункулов при нормальных родах иммунопозитивные клетки активно продуцировали MMP-2, (рисунок 2а). При задержании последа происходила транслокация матриксной металлопротеиназы в полость крипт карункулов (рисунок 2б).



А - Плацентомы у коровы при нормальных родах

PAS-реакция по Мак-Манусу. До окраски гематоксилином Майера. Общее увеличение x 200

Окраска гематоксилином и эозин-флоксином. Общее увеличение x 200



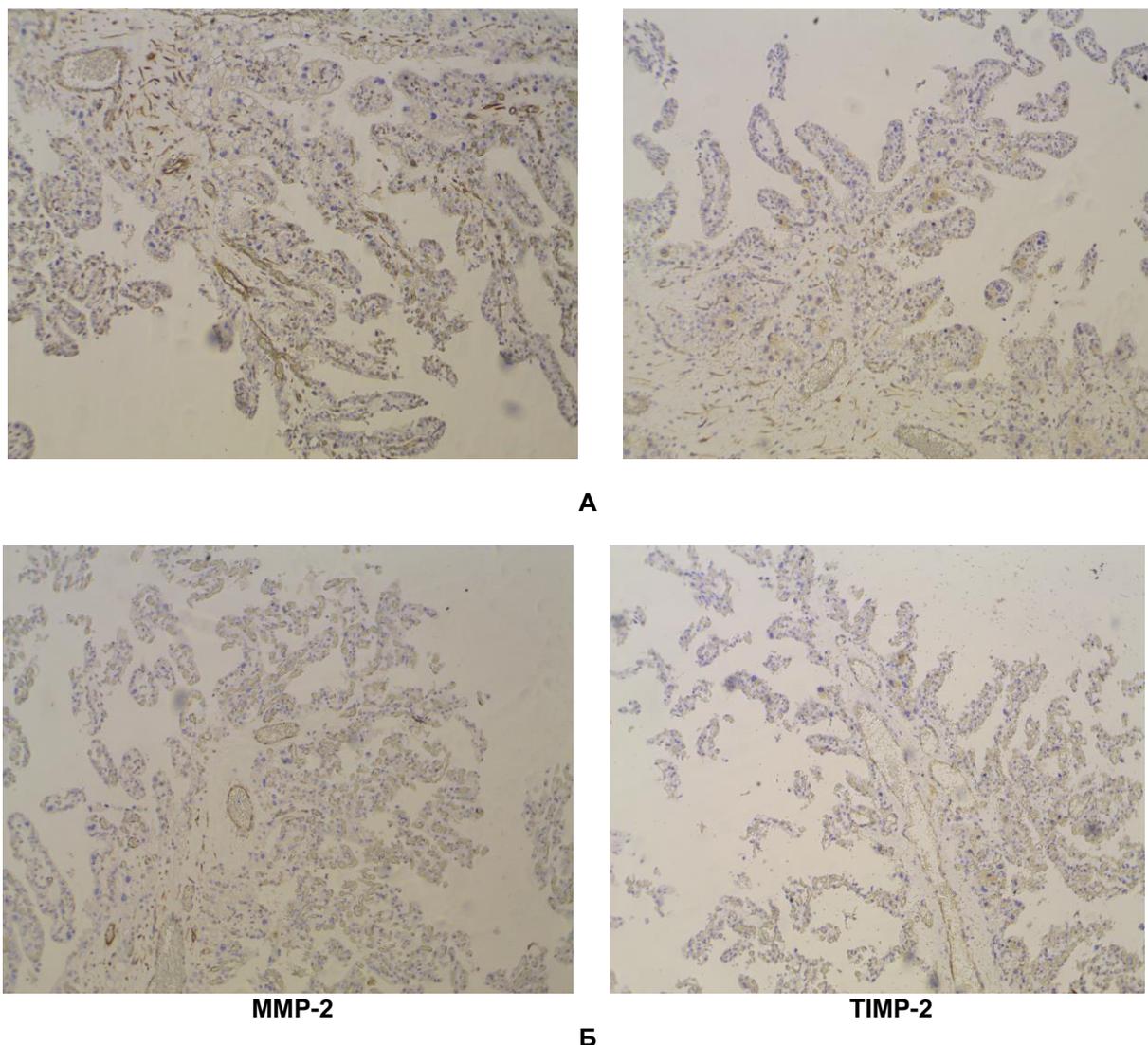
Б - Плацентомы у коровы при задержании последа

ШИК-реакция по Мак-Манусу. Трихромная окраска по Masson. Общее увеличение x 200

ШИК-реакция по Мак-Манусу. окраска альтиановым синим по Сиддмену. Общее увеличение x200

**Рисунок 1 – Локализация эпителиальных и мезенхимальных элементов в плацентарных структурах крупного рогатого скота**

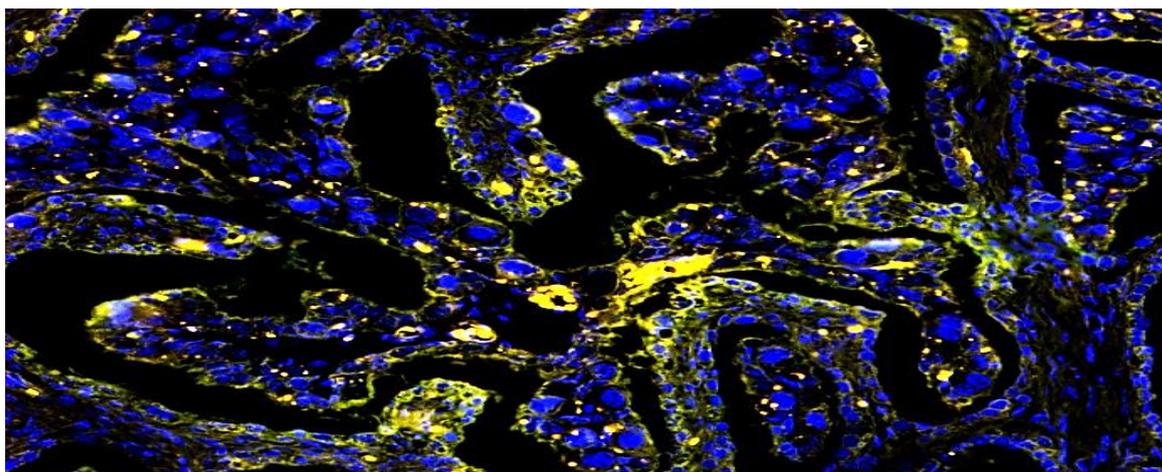
Диффузное распределение матричных металлопротеиназ (рисунок 2а) присутствовало в цитоплазме эпителиоцитов в материнских перегородках крипт карункулов. Значительная иммунопозитивная реакция матричных металлопротеиназ регистрировалась в гигантских двуядерных клетках, локализованных в деградируемых ворсинах хориона.



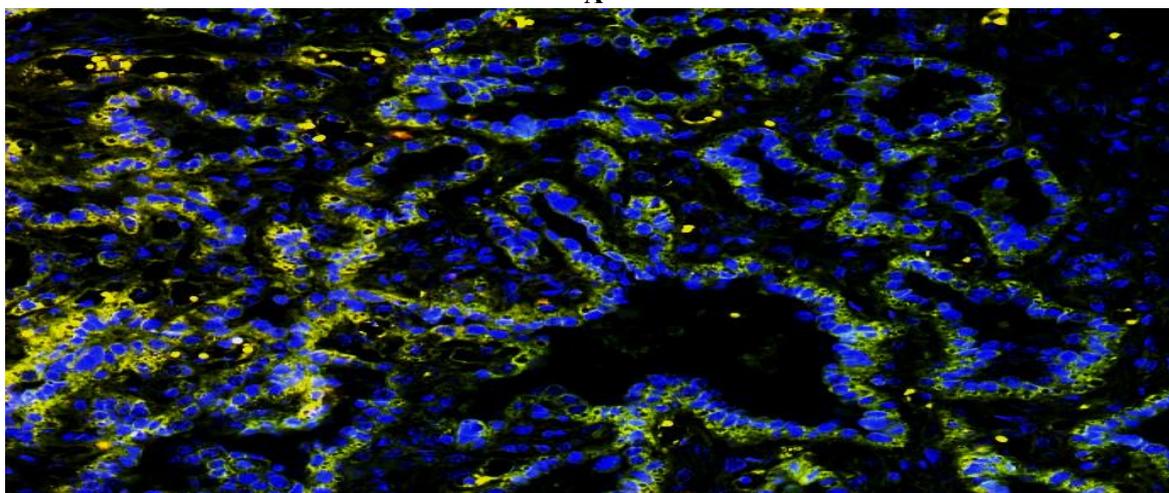
**Рисунок 2 – Иммунолокализация матричных металлопротеиназ и их ингибиторов в плаценте крупного рогатого скота: А – НР; Б – ЗП**  
(Антитела: AF5330 MMP-2 Antibody, 100 мкл., AF5330 Антитело к MMP-2 <Affinity, КНР> 100 мкл. и CSB-PA004294 TIMP-2 Antibody, <Cusabio, КНР> 50 мкг.. ПАП-метод). Общее увеличение  $\times 200$

Иммунолокализация матричной металлопротеиназы в плацентарных структурах коров с задержанием последа снижена, рисунок 2б, особенно в материнской части плаценты. Присутствие MMP-2 наблюдается только в деградируемых криптах карункулов и вокруг сосудов (рисунок 2б).

Анализ содержания тканевого ингибитора TIMP-2 исследуемых типов металлопротеиназ в плаценте коров продемонстрировал отсутствие явно выраженных изменений в экспрессии белка в плацентарных структурах. Однако обращало на себя внимание снижение ингибитора TIMP-2 матричных металлопротеиназ в цитоплазме гигантских клеток в образцах плаценты, полученной от больных коров задержанием последа, рисунок 2б. При изучении соотношения MMP-9/TIMP-1 в плацентах коров с помощью двойного иммунофлуоресцентного окрашивания были выявлены структуры, относящиеся к мембран-связанным белкам (рисунок 3а) в плаценте при нормальных родах, при задержании последа они имели как правило цитоплазматическую локализацию. Все это свидетельствует о недостаточной экспрессии фибробластов в центральной части плаценты. В образцах плаценты коров с задержанием последа отмечается чрезмерная активность матричных металлопротеиназ, которая способствует деградации внутриклеточного матрикса материнской части плаценты, что провоцирует репродуктивную патологию. Отсутствие или явное снижение экспрессии матричных металлопротеиназ может быть результатом неонатальных заболеваний новорожденных.



А



ММР-2/ТИМР-2

Б

**Рисунок 3 – Соотношение ММР-2/ТИМР-2 в плацентарных структурах крупного рогатого скота. А) Беременность и роды нормальные; Б) Осложненная беременность и роды (Иммунофлуоресцентный метод. Ядра докрашены DAPI). Общее увеличение  $\times 200$**

В последние годы достигнуты доказательства того, что для внутриутробного развития плода и его рождения необходим баланс матричных металлопротеиназ ММР и их ингибиторов [12]. Косвенным образом это может указывать на нарушение целостности клеточных мембран эпителиальных и мезенхимальных элементов крипт карункулов [6, 10]. Необходимо отметить, что исследованиями авторов Pereira K.H.N.P., Lourenço M. L. [13] установлена локализация матричных металлопротеиназ в клетках ворсин аллантохориона, которая также была получена в наших исследованиях у коров, несмотря на кардинально различный тип плацентации. Металлопротеиназы типа ММР-2 обладают определенной клеточно-специфической экспрессией [11]. В результате исследований научных коллективов [14], ММР-3 и ММР-9 являются ключевыми эффекторами ремоделирования коллагенов, которые локализуются преимущественно в базальной мембране, в результате чего металлопротеиназы типа ММР-9 распределяются в стромальных клетках [15]. По мнению исследователей [16], это обусловлено тем, что у коров для установления более плотного контакта между фетальной и материнской частью плаценты необходима частичная деградация не только базальных, но и фибриллярных коллагеновых волокон, при этом тканевой ингибитор ТИМР-2 в основном выполняет регуляторную роль через изменение соотношения ММР-2/ТИМР-2 в отношении матричных металлопротеиназ, все это свидетельствует о уязвимости структуры материнской части плаценты в этом участке к повреждающим факторам.

**Заключение.** Установлено снижение интенсивности глюкозамингликанов в плацентах при задержании последа. В строме ворсин аллантохориона котиледонов наблюдается возрастание количества коллагеновых волокон и увеличение числа фибробластов. В плаценте коров с задержанием последа фоновый уровень металлопротеиназы типа ММР-2 фиксировался в строме дефрагментированных материнских крипт. Остаточное присутствие металлопротеиназы ММР-2 наблюдалось только в деградируемых криптах материнской части плаценты, а также вокруг сосудов фетальной

части плаценты. В тканях маточной части плаценты коровы с осложнением родов задержанием последа установлена деградация соединительно-тканного матрикса крипт карункулов, что указывает на бесструктурность межучточного вещества маточных крипт карункулов. Транслокация металлопротеиназ наблюдалась в пространстве между ворсинками аллантахориона котиледона и эпителием крипт карункулов. В фетальной части плаценты коров с нормальным течением родов металлопротеиназы типа MMP-2 свободно располагались по всей площади клеток аллантахориона в цитоплазме трофобласта, за исключением гигантских двуядерных клеток и гибридных трехядерных. Изменение структуры плаценты у коров при задержании последа имеют отличительные признаки, характеризующиеся морфологическим состоянием аллантахориона с ограниченными возможностями плодных оболочек плода и отдельных участков карункулов матки.

**Conclusion.** A decrease in the intensity of glucosaminoglycans was found in placentomas with the placenta retention. In the stroma of cotyledon allantochorionic villi, an increase in the number of collagen fibers and an increase in the number of fibroblasts was marked. In the placenta of cows with postpartum retention, the background level of MMP-2-type metalloproteinase was recorded in the stroma of defragmented maternal crypts. The residual presence of MMP-2 metalloproteinase was observed only in the degenerated crypts of the maternal part of the placenta, as well as around the vessels of the fetal part of the placenta. Degradation of the connective tissue matrix of the crypts of caruncles was found in the tissues of the uterine part of the placenta in cows with pathology, which indicates the lack of structure of the interstitial substance of the uterine crypts of caruncles. Translocation of metalloproteinases was observed in the space between the villi of the allantochorion of cotyledon and the epithelium of the crypts of caruncles. In the fetal part of the placenta of cows with the normal course of calving, metalloproteinases of the MMP-2 type were freely located over the entire area of allantochorionic cells in the cytoplasm of the trophoblast, with the exception of giant dinuclear cells and hybrid trinuclear cells. Changes in the structure of the placenta in cows with the postpartum retention have distinctive features characterized by morphological state of the allantochorion with limited abilities of fetal membranes in the fetus and certain parts of the uterine caruncles.

**Список литературы.** 1. Черницкий, А. Е. Преэклампсия у коров: функциональные нарушения в системе мать-плацента-плод и их последствия для здоровья потомства / А. Е. Черницкий, С. В. Шабунин, В. А. Сафронов // *Сельскохозяйственная биология*. – 2019. – Т. 54, № 2. – С. 246-258. 2. Sanches, B. V. Intensive use of IVF by large-scale dairy programs / B. V. Sanches, A. F. Zangirolamo, M. M. Seneda // *Animal Reproduction*. – 2019. – Vol. 16(3). – P. 394-401/ - doi: 10.21451/1984-3143-AR2019-0058. 3. Эпителиостромальные взаимоотношения в котиледонной плаценте жвачных в нормальных и патологических условиях / В. Д. Новиков [и др.] // *Морфология*. – 1992. – № 1. – С. 97-103. 4. Распределение металлопротеиназ 1 и 9 в плаценте коров при физиологической и осложненной преэклампсией беременности / С. А. Приходько [и др.] // *Эпоха науки*. – 2021. – № 25. – С. 41-46. - doi: 10.24412/2409-3203-2021-25-41-46. 5. Bovine anaplasmosis as a risk factor for retained placenta, mastitis, and abomasal displacement in dairy cattle / C. A. Scariot [et al] // *Res Vet Sci*. – 2023. – Vol. 154. – P. 145-150. - doi: 10.1016/j.rvsc.2022.12.011. Epub 2022 Dec 28. PMID: 36599268. 6. Macro and microscopic characteristics of the placenta and its relationship with the weight and the Apgar score of canine neonates / F. S. Tavares [et al] // *Theriogenology*. – 2023. – Vol. 202. – P. 21-27. 7. Caracterización del vascular y estudio de la angiogenesis en la placenta de la gata / C. Castro [et al] // *Investigación Joven*. – 2020. – Vol. 7 (2). – P. 453-454. 8. Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems / I. J. Lean [et al] // *J Dairy Sci*. – 2023. – Vol. 106 (1). – P. 500-518. - doi: 10.3168/jds.2021-21673. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36270869. 9. Complex networks analysis reinforces centrality hematological role on aerobic-anaerobic performances of the Brazilian Paralympic endurance team after altitude training / F. L. Breda [et al] // *Scientific Reports*. – 2022. – Vol. 12 (1). – P. 1148. 10. Effects of high-intensity interval training in more or less active mice on biomechanical, biophysical and biochemical bone parameters / E. E. C. Polisel [et al] // *Scientific Reports*. – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 6414. 11. Canine placenta histological findings and microvascular density: the histological basis of a negative neonatal outcome? / G. Sarli [et al] // *Animals*. – 2021. – Vol. 11 (5). - P. 1418. – doi: 10.3390/ani11051418 12. Gross and histological findings in the canine placenta and amnion at term: what's normal, abnormal or pathological? / M. Tesi [et al] // *Reprod Domest Anim*. – 2021. – Vol. 56 (5). – P. 691-702. – doi: 10.1111/rda.13905 13. Pereira, K.H.N.P. Reanimação neonatal de cães e gatos ao nascimento / K. H. N. P. Pereira, M. L. Lourenço // *Rev Bras Reprod Anim*. – 2022. – Vol. 46. - P. 3-16. 14. Relationship between placental characteristics and puppies' birth weight in toy and small sized dog breeds / M. Tesi [et al] // *Theriogenology*. – 2020. – Vol. 141. - P. 1-8. 15. Zachary, F. *Pathologic basis of veterinary disease (seventh ed.)* / F. Zachary // Elsevier Editora. – 2021. - P. 1408-1424. 16. Monocarboxylate transporters (MCTs) in skeletal muscle and hypothalamus of less or more physically active mice exposed to aerobic training / P. P. M. Scariot [et al] // *Life Sciences* 1. – 2022. – Vol. 307. – P. 120872.

**References.** 1. CHernickij, A. E. Preeklampsiya u korov: funkcional'nye narusheniya v sisteme mat'-placenta-plod i ih posledstviya dlya zdorov'ya potomstva / A. E. CHernickij, S. V. SHabunin, V. A. Safronov // *Sel'skhozjajstvennaya biologiya*. – 2019. – T. 54, № 2. – S. 246-258. 2. Sanches, B. V. Intensive use of IVF by large-scale dairy programs / B. V. Sanches, A. F. Zangirolamo, M. M. Seneda // *Animal Reproduction*. – 2019. – Vol. 16(3). – P. 394-401/ - doi: 10.21451/1984-3143-AR2019-0058. 3. Эпителиостромальные взаимоотношения в котиледонной плаценте жвачных в нормальных и патологических условиях / В. Д. Новиков [и др.] // *Морфология*. – 1992. – № 1. – С. 97-103. 4. Распределение металлопротеиназ 1 и 9 в плаценте коров при физиологической и осложненной преэклампсией беременности / С. А. Приходько [и др.] // *Эпоха науки*. – 2021. – № 25. – С. 41-46.

- doi: 10.24412/2409-3203-2021-25-41-46. 5. Bovine anaplasmosis as a risk factor for retained placenta, mastitis, and abomasal displacement in dairy cattle / C. A. Scariot [et al] // *Res Vet Sci.* – 2023. – Vol. 154. – P.145-150. - doi: 10.1016/j.rvsc.2022.12.011. Epub 2022 Dec 28. PMID: 36599268. 6. Macro and microscopic characteristics of the placenta and its relationship with the weight and the Apgar score of canine neonates / F. S. Tavares [et al] // *Theriogenology.* – 2023. - Vol. 202. - P. 21-27. 7. Caracterización del vascular y estudio de la angiogenesis en la placenta de la gata / C. Castro [et al] // *Investigación Joven.* – 2020. – Vol. 7 (2). - P. 453-454. 8. Associations of parity with health disorders and blood metabolite concentrations in Holstein cows in different production systems / I. J. Lean [et al] // *J Dairy Sci.* – 2023. – Vol. 106 (1). – P. 500-518. - doi: 10.3168/jds.2021-21673. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36270869. 9. Complex networks analysis reinforces centrality hematological role on aerobic–anaerobic performances of the Brazilian Paralympic endurance team after altitude training / F. L. Breda [et al] // *Scientific Reports.* – 2022. – Vol. 12 (1). – P. 1148. 10. Effects of high-intensity interval training in more or less active mice on biomechanical, biochemical and biochemical bone parameters / E. E. C. Polisel [et al] // *Scientific Reports.* – 2021. – Vol. 11 (1). – P. 6414. 11. Canine placenta histological findings and microvascular density: the histological basis of a negative neonatal outcome? / G. Sarli [et al] // *Animals.* – 2021. – Vol. 11 (5). - P. 1418. – doi: 10.3390/ani11051418 12. Gross and histological findings in the canine placenta and amnion at term: what's normal, abnormal or pathological? / M. Tesi [et al] // *Reprod Domest Anim.* – 2021. – Vol. 56 (5). – P. 691-702. – doi: 10.1111/rda.13905 13. Pereira, K.H.N.P. Reanimação neonatal de cães e gatos ao nascimento / K. H. N. P. Pereira, M. L. Lourenço // *Rev Bras Reprod Anim.* – 2022. – Vol. 46. - P. 3-16. 14. Relationship between placental characteristics and puppies' birth weight in toy and small sized dog breeds / M. Tesi [et al] // *Theriogenology.* – 2020. – Vol. 141. - P. 1-8. 15. Zachary, F. Pathologic basis of veterinary disease (seventh ed.) / F. Zachary // Elsevier Editora. – 2021. - P. 1408-1424. 16. Monocarboxylate transporters (MCTs) in skeletal muscle and hypothalamus of less or more physically active mice exposed to aerobic training / P. P. M. Scariot [et al] // *Life Sciences* 1. – 2022. – Vol. 307. – P. 120872.

Поступила в редакцию 02.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-55-58  
УДК 636.5.053:612.015.3:615.356

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТА ВИТАМИНОВ Е И F ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИММУНИТЕТА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

Сандул П.А. ORCID ID 0000-0002-9203-4122, Соболев Д.Т. ORCID ID 0009-0008-4672-3905  
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

При применении с кормом концентрата витаминов Е и F у цыплят-бройлеров во все сроки исследования установлено повышение абсолютной массы и индекса массы тимуса и фабрициевой бурсы до 1,9 раза по сравнению с контролем. При этом достоверно возрастают по сравнению с контролем размеры и соотношение коркового и мозгового вещества. **Ключевые слова:** концентрат витаминов Е и F из рапсового масла, токоферолы, тимус, bursa, иммунитет.

## THE EFFECT OF CONCENTRATE OF VITAMINS E AND F FROM RAPESEED OIL ON MORPHOLOGICAL INDICATORS OF THE CENTRAL ORGANS OF IMMUNITY IN BROILER CHICKENS

Sandul P.A., Sobolev D.T.  
Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

When using vitamin E and F concentrate with feed in broiler chickens, at all study periods, an increase in the absolute weight and mass index of the thymus and bursa Fabricius was found to be up to 1.9 times compared with the control. At the same time, the size and ratio of cortical and cerebral matter significantly increase in comparison with the control. **Keywords:** concentrate of vitamins E and F from rapeseed oil, tocopherols, thymus, bursa, immunity.

**Введение.** Для профилактики у цыплят токсической дистрофии печени в условиях промышленного птицеводства наряду с липотропными соединениями применяют антиоксиданты [2, 9, 10]. В процессе выращивания из-за интенсивной схемы иммунизации цыпленка испытывают значительную вакцинную нагрузку, что создает напряженность на обменные процессы и вызывает супрессию органов иммунитета [7, 8, 10]. Полиненасыщенные кислоты (арахидоновая, эйкозапентаеновая и др.) оказывают выраженное влияние на развитие и оптимальное функционирование иммунной системы, реактивность иммунокомпетентных клеток, т.к. из них синтезируются важные липидные медиаторы эйкозаноиды, например, липоксины и лейкотриены. Они усиливают нейтрофильный хемотаксис, повышают проницаемость сосудов и пролиферацию Т-лимфоцитов, регулируют продолжительность и разрешение воспаления [3, 4, 6]. В этой связи актуальным является изучение влияния токоферолсодержащих препаратов с полиненасыщенными кислотами в своем составе на структуру и функции органов иммунной системы.

**Целью наших исследований** явилось определить морфофункциональное состояние тимуса и фабрициевой бursы у цыплят-бройлеров при введении в их рацион концентрата витаминов Е и F.

**Материалы и методы исследований.** Научно-клинический опыт проводился в клинике кафедры внутренних незаразных болезней животных УО ВГАВМ. Комплектовали 3 группы бройлеров кросса «Кобб 500» 7-дневного возраста по 25 цыплят в каждой (всего 75 голов). Основной рацион (ОР) бройлеры, участвовавшие в опыте, получали по следующей схеме: с 7-го по 21-й день – ПК-5Б, с 21-го по 40-й день – ПК-6Б и с 40-го по 47-й день – ПК-6Б-финиш. 1 т комбикорма марок ПК-5Б и ПК-6Б содержит, соответственно, 20 и 30 г синтетического витамина Е. Контроль получал только ОР. Бройлерам 1 группы в дополнение к ОР скармливали 25%-ный раствор витамина Е (токоферол ацетат) в дозе 20 г на 1 т корма. Цыплятам 2 группы в дополнение к ОР скармливали концентрат витаминов группы Е из рапсового масла в дозе 0,06% по массе комбикорма (что соответствует 18±6 г токоферолов на 1 т корма). Все цыплята находились в одинаковых условиях микроклимата, за всей птицей вели наблюдение, определяли клинический статус, контролировали аппетит, ежедневно взвешивали. Для изучения влияния концентратов на морфологические показатели тимуса, фабрициевой бursы у цыплят отбирали органы целиком, фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина, впоследствии уплотняли заливкой в парафин. Гистологические срезы готовили на санном микротоме. Окраску гистосрезов для изучения общих структурных изменений проводили гематоксилин-эозином. На гистологических срезах тимуса и бursы Фабрициуса при 50-кратном наложении морфометрической линейки определяли абсолютные размеры коркового и мозгового вещества долек тимуса и лимфоидных узелков бursы, затем вычисляли их соотношение. При микроскопическом исследовании срезов был использован микроскоп OLYMPUS BX-41 с программным обеспечением CELL-A [5]. Цифровые опытные данные обрабатывали биометрически с помощью программного средства Microsoft Excel. С помощью средней арифметической и ее стандартной ошибки ( $\bar{X} \pm m$ ) выражали достоверность результатов, а уровни значимости критерия достоверности выражали – \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$  [1].

**Результаты исследований.** Морфометрические показатели центральных органов иммунитета цыплят представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Динамика морфометрических показателей долек тимуса и лимфоидных фолликулов фабрициевой бursы у цыплят-бройлеров, мкм ( $\bar{X} \pm m$ )**

Группы	Сроки исследований: возраст цыплят, сутки				
	7	14	24	37	47
	размеры коркового вещества тимуса				
Контроль	231,45±13,930	225,74±9,251	220,58±8,251	290,06±18,220	337,82±11,340
1	225,75±11,670	229,60±10,640	231,65±10,360	310,06±10,680	354,66±14,690
2	219,60±7,163	239,80±8,896	258,99±12,220*	328,69±9,273	369,51±15,180
	размеры мозгового вещества тимуса				
Контроль	147,69±6,777	153,90±12,970	204,02±12,440	310,76±16,600	356,37±13,020
1	155,47±8,042	151,41±8,938	207,31±9,482	320,18±10,930	395,12±14,320
2	146,10±10,844	143,71±14,591	217,22±9,090	360,38±9,825*	450,26±13,136**
	соотношение коркового и мозгового вещества тимуса				
Контроль	1,56±0,170	1,47±0,073	1,07±0,066	0,93±0,025	0,95±0,031
1	1,45±0,146	1,51±0,064	1,12±0,073	0,97±0,086	0,90±0,017
2	1,50±0,204	1,67±0,069	1,19±0,043	0,91±0,012	0,82±0,029*
	размеры коркового вещества лимфоидных фолликулов бursы				
Контроль	34,85±2,817	36,08±6,227	42,19±7,794	48,30±8,089	62,22±9,393
1	39,38±2,474	39,49±5,808	45,22±9,413	55,87±9,018	68,56±10,150
2	38,45±4,344	44,75±5,536	50,24±10,480	56,61±10,008	80,78±11,040

Продолжение таблицы 1

Группы	Сроки исследований: возраст цыплят, сутки				
	7	14	24	37	47
	размеры мозгового вещества лимфоидных фолликулов бursы				
Контроль	86,71±4,834	85,49±9,368	90,57±12,120	108,26±9,982	128,15±12,710
1	96,18±7,515	94,20±12,280	99,77±12,360	118,41±11,880	134,64±14,280
2	94,35±8,017	94,73±13,804	108,77±14,115	110,64±10,304	152,15±11,307
	соотношение коркового и мозгового вещества лимфоидных фолликулов бursы				
Контроль	0,40±0,012	0,42±0,078	0,46±0,128	0,44±0,101	0,48±0,053
1	0,41±0,046	0,42±0,068	0,46±0,072	0,47±0,121	0,51±0,018
2	0,41±0,040	0,47±0,072	0,46±0,068	0,51±0,088	0,53±0,045

Примечания: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$  (уровни значимости для критерия достоверности).

Изучение морфометрических показателей тимуса цыплят (таблица 1) показывает, что в первые две недели эксперимента размеры его коркового и мозгового вещества у всех цыплят различались незначительно. На 24-й день толщина коркового вещества у бройлеров 2-й группы была на 17,4% ( $p \leq 0,05$ ) больше, чем в контроле. В оставшиеся сроки указанный показатель у данных цыплят был выше, чем у сверстников из других групп, но достоверных различий не было. Толщина мозгового вещества тимуса цыплят 2-й группы на 37-й и 47-й дни исследований была на 16 и 26,4% достоверно выше, чем у контрольных цыплят. Размеры коркового и мозгового вещества бурсы фабрициуса у бройлеров 2 группы, начиная с 24-го дня до окончания эксперимента, были выше, чем у цыплят всех остальных групп. Соотношение коркового и мозгового вещества, как в тимусе, так и в бурсе более заметно увеличивалось **у бройлеров 2-й группы**. В таблице 2 представлены данные по изучению динамики абсолютной массы и индекса массы тимуса и фабрициевой бурсы у цыплят.

**Таблица 2 – Динамика абсолютной массы и индекса массы тимуса и фабрициевой бурсы у цыплят-бройлеров, ( $\bar{X} \pm m$ )**

Группы	Сроки исследований: возраст цыплят, сутки				
	7	14	24	37	47
	абсолютная масса тимуса, г				
Контроль	0,79±0,098	1,09±0,129	2,65±0,113	4,52±0,058	7,18±0,029
1	0,81±0,066	1,22±0,085	3,06±0,119	6,06±0,063***	10,25±0,087***
2	0,76±0,047	1,87±0,042**	4,20±0,123**	8,25±0,011***	13,86±0,104***
	индекс массы тимуса				
Контроль	3,36±0,142	3,24±0,190	2,98±0,410	3,10±0,003	3,54±0,063
1	3,38±0,280	3,61±0,059	3,12±0,380	3,72±0,028***	4,82±0,193**
2	3,33±0,234	5,02±0,171**	3,92±0,298	4,92±0,050***	6,07±0,121***
	абсолютная масса фабрициевой бурсы, г				
Контроль	0,27±0,017	0,49±0,028	1,59±0,061	2,51±0,078	3,34±0,041
1	0,31±0,022	0,57±0,044	1,84±0,086	3,81±0,095***	5,74±0,067***
2	0,28±0,014	0,89±0,027***	2,48±0,074**	4,41±0,024***	6,33±0,056***
	индекс массы фабрициевой бурсы				
Контроль	1,15±0,094	1,46±0,096	1,79±0,131	1,72±0,153	1,64±0,107
1	1,29±0,104	1,69±0,126	1,88±0,145	2,34±0,108	2,70±0,331
2	1,23±0,101	2,39±0,118**	2,31±0,097**	2,47±0,119**	2,77±0,208**

Примечания: \*  $p \leq 0,05$ ; \*\*  $p \leq 0,01$ ; \*\*\*  $p \leq 0,001$  (уровни значимости для критерия достоверности).

За период опыта – с 7 по 47 дни у цыплят 2-й группы масса тимуса увеличилась с  $0,76 \pm 0,047$  до  $13,86 \pm 0,104$  г (таблица 2). При этом, на 14-й день увеличение, по сравнению с контролем, составило 1,72 раза ( $p \leq 0,01$ ), а на 47-й день – 1,93 раза ( $p \leq 0,001$ ). Также за период опыта у цыплят 1-й и 2-й опытных групп зарегистрировано интенсивное развитие фабрициевой бурсы – с  $0,28 \pm 0,014$  до  $6,33 \pm 0,056$  г. У цыплят, получавших концентрат витаминов группы Е из рапсового масла, наиболее заметное увеличение массы бурсы по отношению к контролю в 1,8 и 1,9 раза ( $p \leq 0,01$ ) отмечалось на 14-й и 47-й дни опыта.

**Закключение.** Применение с кормом концентрата витаминов Е и F из рапсового масла у цыплят-бройлеров в сравнении с контрольной группой сопровождается повышением абсолютной массы тимуса во все периоды выращивания птицы, при этом достоверно возрастает соотношение коркового и мозгового вещества. Масса фабрициевой бурсы в конце периода выращивания превышает таковую у цыплят в контрольной группе в 1,9 раз, а соотношение корковой и мозговой зон органа достоверно увеличивается на 10,42%.

**Conclusion.** The use of concentrate of vitamins E and F from rapeseed oil in feeds of broiler chickens in comparison with the control group is accompanied by an increase in the absolute mass of the thymus during all periods of poultry growing, while the ratio of cortical and cerebral matter significantly increases. The mass of the bursa Fabricius at the end of the growing period exceeds that of chickens in the control group by 1.9 times, and the ratio of the cortical and cerebral zones of the organ significantly increases by 10.42%.

**Список литературы.** 1. Биометрия : учебно-методическое пособие по дисциплине «Биометрия» для магистрантов по специальности «Ветеринария» / Т. В. Павлова, В. Ф. Соболева, Т. В. Видасова. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 74 с. 2. Фармакопрофилактика болезней печени у свиней и цыплят-бройлеров : рекомендации / В. В. Великанов [и др.]; Белорусская государственная с.-х. академия. – Горки : БГСХА, 2021. – 36 с. 3. Биополимеры, иммуностимуляторы и пробиотики в бройлерном птицеводстве : монография / А. П. Дуктов [и др.]. – Горки, 2016. – 289 с. 4. Каратеев, А. Е. Эйкозаноиды и воспаление / А. Е. Каратеев, Т. Л. Алейникова // Со-

временная ревматология. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 73–86. 5. Ковальчук, Л. В. Клиническая иммунология и аллергология с основами общей иммунологии : учебник / Л. В. Ковальчук, Л. В. Ганковская, Р. Я. Мешкова. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 640 с. 6. Прикладные аспекты иммуномодуляции с использованием химических и физических средств : монография / П. А. Красочко [и др.]. – Краснодар, 2022. – 393 с. 7. Мищенко, Л. П. Структурные изменения в лимфоидных образованиях пищеварительного канала и фабрициевой бурсе цыплят на фоне иммунизации против инфекционного бронхита и применения комплексных кормовых добавок / Л. П. Мищенко, И. Н. Громов, М. А. Реутенко // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2021. – № 2(15). – С. 44–47. 8. Применение гумусовых кислот для оптимизации белкового обмена и повышения продуктивных качеств у цыплят-бройлеров / Д. Т. Соболев [и др.] // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 1(16). – С. 71–74. 9. Сандул, П. А. Уровень токоферолов и витамина А в сыворотке крови цыплят-бройлеров на фоне использования препарата, содержащего L-карнитин и альфа-токоферол / П. А. Сандул, Д. Т. Соболев, Е. В. Горидовец // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2019. – Т. 55, вып. 1. – С. 81–85. 10. Соболев, Д. Т. Динамика индикаторных ферментов сыворотки крови, поджелудочной железы и печени ремонтного молодняка кур, вакцинированного против инфекционного ларинготрахеита / Д. Т. Соболев, Д. В. Елисейкин // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2008. – Т. 44, вып. 2, ч. 2. – С. 142–147.

**References.** 1. Biometriya : uchebno-metodicheskoe posobie po distsipline «Biometriya» dlya magistrantov po spetsialnosti «Veterinariya» / T. V. Pavlova, V. F. Soboleva, T. V. Vidasova. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 74 s. 2. Farmakoprofilaktika bolezney pecheni u sviney i tsyplyat-broylerov : rekomendatsii / V. V. Velikanov [i dr.]; Belorusskaya gosudarstvennaya s.-kh. akademiya. – Gorki : BGSKhA, 2021. – 36 s. 3. Biopolimery, immunostimulyatory i probiotiki v broylerom ptitsevodstve : monografiya / A. P. Duktov [i dr.]. – Gorki, 2016. – 289 s. 4. Karateev, A. E. Eykozanoidy i vospalenie / A. E. Karateev, T. L. Aleynikova // Sovremennaya revmatologiya. – 2016. – Т. 10, № 4. – С. 73–86. 5. Kovalchuk, L. V. Klinicheskaya immunologiya i allergologiya s osnovami obshchey immunologii : uchebnik / L. V. Kovalchuk, L. V. Gankovskaya, R. Ya. Meshkova. – M. : GEOTAR-Media, 2012. – 640 s. 6. Prikladnye aspekty immunomodulyatsii s ispolzovaniem khimicheskikh i fizicheskikh sredstv : monografiya / P. A. Krasochko [i dr.]. – Krasnodar, 2022. – 393 s. 7. Mishchenko, L. P. Strukturnye izmeneniya v limfoidnykh obrazovaniyakh pishchevaritelnogo kanala i fabrietsievoy burse tsyplyat na fone immunizatsii protiv infektsionnogo bronkhita i primeneniya kompleksnykh kormovykh dobavok / L. P. Mishchenko, I. N. Gromov, M. A. Reutenko // Veterinarnyy zhurnal Belarusi. – 2021. – № 2(15). – С. 44–47. 8. Primenenie gumusovykh kislot dlya optimizatsii belkovogo obmena i povysheniya produktivnykh kachestv u tsyplyat-broylerov / D. T. Sobolev [i dr.] // Veterinarnyy zhurnal Belarusi. – 2022. – № 1(16). – С. 71–74. 9. Sandul, P. A. Uroven tokoferolov i vitamina A v syvorotke krovi tsyplyat-broylerov na fone ispolzovaniya preparata, soderzhashchego L-karnitin i alfa-tokoferol / P. A. Sandul, D. T. Sobolev, E. V. Goridovets // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny». – 2019. – Т. 55, вып. 1. – С. 81–85. 10. Sobolev, D. T. Dinamika indikatornykh fermentov syvorotki krovi, podzheludochnoy zhelezy i pecheni remontnogo molodnyaka kur, vaksinirovannogo protiv infektsionnogo laringotrakheita / D. T. Sobolev, D. V. Eliseykin // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny». – 2008. – Т. 44, вып. 2, ch. 2. – С. 142–147.

Поступила в редакцию 03.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-58-62  
УДК 619:577.322:618:636.4

## СОСТОЯНИЕ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА У СВИНОМАТОК С ПОСЛЕРОДОВОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Сашнина Л.Ю. ORCID ID 000-0001-6477-6156, Шахов А.Г. ORCID ID 0000-0002-6177-8858,  
Манжурина О.А. ORCID ID 0000-0003-0147-8965, Коцарев В.Н. ORCID ID 0000-0002-9114-1176,  
Чусова Г.Г. ORCID ID 0000-0003-1494-8807

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

В статье представлены результаты изучения особенностей белкового метаболизма свиноматок в период супоросности, лактации и при возникновении послеродовой патологии. У животных с послеродовыми болезнями, по сравнению с клинически здоровыми свиноматками, во все периоды репродуктивного цикла установлено пониженное содержание общего белка, альбуминов и мочевины, характеризующее менее выраженную интенсивность течения белкового метаболизма. Повышенный уровень креатинина обусловлен недостаточностью мочевыделительной функции почек. Установленная у них в протеинограмме тенденция повышения содержания  $\alpha$ -глобулинов и  $\beta$ -глобулинов на фоне пониженного уровня  $\gamma$ -глобулинов свидетельствуют об ослаблении интенсивности синтеза иммунных белков. Выявленные отличия в показателях белкового обмена у заболевших свиноматок могут быть использованы при разработке критериев диагностики и прогнозирования болезней воспалительного характера в репродуктивных органах. **Ключевые слова:** белковый обмен, свиноматки, супоросность, лактация, послеродовая патология.

## STATE OF PROTEIN METABOLISM IN THE SOWS WITH POSTPARTUM PATHOLOGY

Sashnina L.Yu., Shakhov A.G., Manzhurina O.A., Kotsarev V.N., Chusova G.G.  
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",  
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of a study on the characteristics of protein metabolism in sows during gestation, lactation and in case of postpartum pathology occurrence. In the animals with postpartum diseases, compared with clinically healthy sows, during all periods of the reproductive cycle, a reduced content of total protein, albumin and urea has been found, which characterizes a less pronounced intensity of protein metabolism. Elevated creatinine levels are caused by insufficient urinary function of the kidneys. The tendency in their proteinogram to increase the content of  $\alpha$ -globulins and  $\beta$ -globulins against the background of a decreased level of  $\gamma$ -globulins indicates a weakening of the intensity of immune proteins synthesis. The identified differences in the indicators of protein metabolism in sick sows can be used in developing the criteria for the diagnosis and prognosis of inflammatory diseases in the reproductive organs.*  
**Keywords:** protein metabolism, sows, gestation, lactation, postpartum pathology.

**Введение.** В условиях современного ведения свиноводства, предусматривающего интенсивное использование репродуктивных качеств маточного поголовья, организм животных испытывает повышенную физиологическую нагрузку, обусловленную супоросностью и лактацией. С наступлением супоросности происходят существенные изменения в обмене веществ, имеющие адаптационный характер и направленные на обеспечение развития эмбрионов и плодов.

Изменения, происходящие в организме в период беременности, носят физиологический адаптационный характер. Спектр этих изменений, затрагивающий все системы организма, обусловлен необходимостью поддержания жизнедеятельности (увеличение объема циркулирующей крови (ОЦК), обеспечение питательными веществами и кислородом, выведение продуктов обмена) и защиты плода [3, 6].

Физиологическая беременность с первых дней сопровождается комплексом динамических системных реакций организма, направленных на поддержание гомеостаза в новых изменившихся условиях и обеспечение нормального развития плода. Адаптационные реакции являются значительной дополнительной нагрузкой в период супоросности, но в то же время необходимы для успешного функционирования фетоплацентарной системы [2, 6].

Для обеспечения оптимального метаболического статуса и продуктивного здоровья сельскохозяйственных животных необходимо контролировать состояние обмена веществ и проводить профилактические или лечебные (в случаях клинического проявления) мероприятия. В связи с этим актуальным является изучение состояния белкового обмена у продуктивных животных, особенно в периоды повышенных физиологических нагрузок.

**Цель исследований** – изучение особенностей метаболической адаптации организма в период супоросности, лактации и при возникновении послеродовой патологии.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в условиях промышленного свиноводческого предприятия на 12 свиноматках помесных пород: крупная белая+ландрас+дюрок. В разные периоды репродуктивного цикла: за 5-7 день до осеменения, в первую половину (38-40 день) и во вторую половину супоросности (78-81 день), в начале лактации (5-7 дней после опороса) и в ее конце (18-20 день) от свиноматок проводили забор крови для проведения биохимических исследований.

Содержание общего белка в сыворотке крови определяли на рефрактометре RL-1, уровень альбуминов,  $\alpha$ -глобулина,  $\beta$ -глобулина,  $\gamma$ -глобулина – путем разделения белковых фракций сыворотки крови методом электрофореза в агаровом геле, используя веронал-мединаловый буфер с pH, равной 8,6 единицы. Количество мочевины и креатинина определяли на автоматическом биохимическом анализаторе «Hitachi-902» согласно «Методическим рекомендациям по диагностике, терапии и профилактике нарушений обмена веществ у продуктивных животных» [4].

Полученные результаты исследований сыворотки крови свиноматок подвергли ретроспективному анализу и в зависимости от характера течения у животных послеродового периода разделили на две группы. В I (первую) группу (n=5) отнесены результаты исследований крови от свиноматок, оставшихся после опороса клинически здоровыми, во II (вторую) группу (n=7) – от свиноматок, у которых регистрировали послеродовые болезни: острый гнойно-катаральный эндометрит и метрит-мастит-агалактию.

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерных статистических программ «Statistica 10.0» (Stat Soft Inc., США) и «Microsoft Excel».

**Результаты исследований.** Исследованиями установлено, что в послеотъемный период у свиноматок, предрасположенных к развитию воспалительных процессов в репродуктивных органах, и клинически здоровых животных содержание общего белка и альбуминов не имело значимых различий. Уровень  $\alpha$ -глобулинов и  $\beta$ -глобулинов у них превышал аналогичные показатели здоровых животных на 11,7% и 6,5%, а  $\gamma$ -глобулинов был ниже на 14,0%.

Концентрация мочевины, конечного продукта белкового метаболизма, образуемого в печени при обезвреживании высокотоксичного аммиака, была ниже на 12,0%, а содержание креатинина, характеризующего функциональное состояние выделительной системы, на 9,6% превышало его значение здоровых животных (таблица 1).

**Таблица 1 – Показатели белкового обмена у свиноматок**

Показатели	Группа животных	До осеменения	Срок супоросности, сутки	
			38-40	78-81
Общий белок, г/л	I	82,5±2,26	81,8±1,81	82,4±1,81
	II	81,4±1,31	80,2±1,64	79,6±1,80
Альбумины, г/л	I	35,7±0,75	31,9±1,28	34,2±0,80
	II	34,2±0,77	30,0±0,89 <sup>+</sup>	31,1±0,85 <sup>+</sup>
$\alpha$ -глобулины, г/л	I	14,2±0,69	13,8±0,72	13,8±0,46
	II	15,9±0,78	14,5±0,91	14,8±0,87
$\beta$ -глобулины, г/л	I	15,8±0,22	17,9±0,13 <sup>+</sup>	17,0±0,17 <sup>+</sup>
	II	16,9±0,35 <sup>+</sup>	18,9±0,26 <sup>+</sup>	18,6±0,68
$\gamma$ -глобулины, г/л	I	16,8±0,73	18,2±0,51	17,3±0,68
	II	14,4±0,53 <sup>+</sup>	16,8±0,85 <sup>+</sup>	15,1±0,76
Мочевина, мМ/л	I	6,5±0,42	5,5±0,38	5,8±0,22
	II	5,7±0,46	5,0±0,21	5,1±0,19
Креатинин, мкМ/л	I	143,8±4,65	113,6±7,02 <sup>+</sup>	97,6±9,89
	II	157,5±6,58	133,6±8,96 <sup>+</sup>	119,5±6,91

Примечания: <sup>+</sup>P<0,05-0,001 – относительно здоровых животных; \*P<0,05-0,001 – относительно предыдущего периода; I группа – здоровые животные; II группа – заболевшие после опороса свиноматки.

В первой половине супоросности (на 38-40 сутки) у животных обеих групп отмечали снижение уровня альбумина на 10,6 и 12,3%, что является следствием увеличения объема циркулирующей крови и усиленного расхода альбумина на биосинтетические процессы. Установленное уменьшение концентрации  $\alpha$ -глобулинов у свиноматок первой и второй групп было менее выраженным и составило 2,9 и 8,6% соответственно. Одновременно у них повысилось количество  $\beta$ -глобулинов на 13,3 и 11,8% и  $\gamma$ -глобулинов – на 8,5 и 16,7%. У животных обеих групп снижалось содержание мочевины на 15,4 и 12,3% и креатинина – на 21,0 и 15,2%.

При этом у свиноматок, заболевших после опороса, в указанный срок наблюдалось более выраженное, по сравнению со здоровыми животными, уменьшение альбуминов на 6,0%,  $\gamma$ -глобулинов – на 7,7%, мочевины – на 9,1%, при повышенном уровне  $\alpha$ -глобулинов – на 5,1%,  $\beta$ -глобулинов – на 5,6% и креатинина – на 17,6%, что отмечается при воспалительных процессах, стрессовых реакциях на фоне снижения иммунологической реактивности.

С увеличением сроков супоросности на 78-81 дни изменения в показателях белкового обмена характеризовались тенденцией повышения содержания общего белка у свиноматок первой группы и снижения его концентрации у животных второй группы, увеличением количества альбуминов в обеих группах на 7,2 и 3,7% и мочевины – на 5,5 и 2,0% соответственно; уменьшением концентрации  $\gamma$ -глобулинов – на 4,9 и 10,1% и креатинина – на 14,1 и 10,6%. Количество  $\beta$ -глобулинов у свиноматок первой группы стало ниже на 5,0%, а у животных второй группы не претерпело значительных изменений. Содержание  $\alpha$ -глобулинов у животных первой группы почти не изменилось, а у свиноматок второй группы отмечена тенденция их повышения.

Сравнивая показатели белкового обмена в указанный срок, следует отметить, что у свиноматок второй группы содержалось меньше, чем у животных первой группы, альбуминов – на 9,2%,  $\gamma$ -глобулинов – на 12,7%, мочевины – на 11,1% и больше  $\alpha$ -глобулинов – на 6,6%,  $\beta$ -глобулинов – на 9,0%, креатинина – на 22,4%.

Выявленное снижение уровня альбумина, являющегося депо аминокислот и выполняющего транспортную роль, обусловлено потребностью плодов в аминокислотах, которая не полностью покрывается за счет поступления питательных веществ и обеспечивается внутренними резервами. Разнонаправленные изменения в содержании глобулиновых фракций у заболевших после опороса свиноматок, в частности повышение  $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулинов при снижении  $\gamma$ -глобулинов, указывает на повышенную потребность к транспортировке биологически активных веществ, поддержанию осмотического давления в тканях организма и внутри кровеносных сосудов, антиоксидантной защиты организма [8].

Начальный период лактации (таблица 2) у свиноматок первой и второй групп характеризовался незначительным снижением количества общего белка и, более существенным, альбуминов – соответственно на 8,6 и 10,3%, повышением содержания  $\alpha$ -глобулинов на 8,2 и 9,2%,  $\gamma$ -глобулинов – 4,4 и 6,9%, мочевины – на 26,1 и 21,2% и креатинина – на 35,1 и 27,4%.

У свиноматок с проявившимися послеродовыми болезнями по отношению к клинически здоровым животным содержалось меньше альбуминов на 10,8%,  $\gamma$ -глобулинов – на 10,4%, что обусловлено замедленным их синтезом в лимфоцитах, часто регистрируемых при иммунодефицитном состоянии, мочевины – на 14,5% и больше  $\alpha$ -глобулинов – на 7,5%,  $\beta$ -глобулинов – на 10,7% и креатинина – на 15,5%.

**Таблица 2 – Показатели белкового обмена у свиноматок в период лактации**

Показатели	Группа животных	Дни лактации, сутки	
		5-7	18-20
Общий белок, г/л	I	81,7±2,51	86,3±4,66
	II	79,4±1,61	83,7±2,37
Альбумины, г/л	I	31,3±0,71 <sup>+</sup>	34,4±1,68
	II	27,9±0,69 <sup>+</sup>	31,4±0,68 <sup>+</sup>
$\alpha$ -глобулины, г/л	I	15,0±0,49	14,4±0,21
	II	16,1±0,92	15,6±0,59
$\beta$ -глобулины, г/л	I	17,3±0,37	16,9±0,98
	II	19,2±0,24 <sup>*</sup>	19,0±0,63
$\gamma$ -глобулины, г/л	I	18,1±0,31	20,6±0,51 <sup>+</sup>
	II	16,2±0,41 <sup>*</sup>	17,7±0,97 <sup>*</sup>
Мочевина, мм/л	I	7,3±0,64 <sup>+</sup>	7,7±0,83
	II	6,2±0,40 <sup>+</sup>	6,5±0,52
Креатинин, мкМ/л	I	131,8±11,98 <sup>+</sup>	148,6±15,76
	II	152,2±7,61 <sup>+</sup>	165,7±8,32

Примечания: \* $P<0,05-0,001$  – относительно здоровых животных; <sup>+</sup> $P<0,05-0,001$  – относительно предыдущего периода; I группа – здоровые животные; II группа – заболевшие после опороса свиноматки.

В конце лактационного периода у свиноматок обеих групп увеличилось содержание общего белка соответственно на 6,1 и 5,4%, альбуминов – на 9,9 и 12,6%,  $\gamma$ -глобулинов – 14,1 и 9,2%, мочевины – на 6,4 и 4,3% и креатинина – на 12,7 и 8,9% (таблица 2), вызванное перестройкой организма и изменением интенсивности белкового метаболизма.

У свиноматок второй группы, по отношению к клинически здоровым животным, в указанный срок содержалось меньше альбуминов – на 8,6%,  $\gamma$ -глобулинов – на 14,4%, мочевины – на 16,2%, что, по-видимому, обусловлено менее выраженной интенсивностью белкового метаболизма. Наряду с этим у свиноматок, заболевших после опороса, было выше содержание  $\alpha$ -глобулинов на 8,2%,  $\beta$ -глобулинов – на 12,6% и креатинина – на 11,5%.

При физиологических изменениях, связанных с развитием плода, в организме беременной возникают сложные адаптационно-защитные изменения. Они направлены на поддержание гомеостаза и нормальной деятельности органов и систем, обеспечивают подготовку организма к родам и лактации [7].

В период супоросности отмечается снижение концентрации общего белка в сыворотке крови, которое, возможно, обусловлено как разведением крови вследствие задержки жидкости в организме, так и снижением содержания альбумина, связанное с интенсивным его использованием в биосинтетических процессах. Также одним из факторов может быть изменение проницаемости сосудистых мембран и перераспределение жидкости и белка в экстраклеточном пространстве. Увеличение в этот период содержания отдельных специфических белков-переносчиков и связанных с ними соединений обусловлено изменением гормонального статуса при супоросности [8].

Развитие адаптационного синдрома в первый период супоросности считается критическим и рассматривается как проявление первой стадии процесса [5]. Супоросность сопровождается повышением метаболической активности всех систем организма, и адаптационные неспецифические реакции затрагивают субмолекулярный, молекулярный, клеточный, органно-тканевой и организменный уровни структурной организации.

Проведенными исследованиями у свиноматок с риском развития послеродовых болезней к концу супоросности установлено снижение общего количества белка, в основном за счет  $\gamma$ -глобулиновой фракции. Его дефицит сопровождается снижением иммунитета у свиноматок, ухудшением ферментативных, гормональных и транспортных функций, что может стать причиной возникновения послеродовой патологии.

В период супоросности изменение объема циркулирующей крови и кровоснабжения почек отражается на их азотовыделительной функции. Отмечается задержка и накопление в крови азотистых веществ, при этом содержание остаточного азота не изменяется за счет уменьшения уровня мочевины, особенно в поздние сроки супоросности, что обусловлено повышенной утилизацией белка (положительный азотистый баланс) [1]. Снижение концентрации креатинина наблюдается пре-

имущественно во второй половине супоросности и связано с ростом объема мышечной массы матки и плода. Кроме того, снижение уровня метаболитов азотистого обмена обусловлено увеличением почечного клиренса вследствие усиления кровоснабжения почек. Концентрация мочевой кислоты может снижаться за счет преобладания в организме процессов ассимиляции, но при незначительных нарушениях функции почек может отмечаться ее увеличение.

**Заключение.** Таким образом, у свиноматок с риском развития и клинически проявившимися послеродовыми заболеваниями, по сравнению с клинически здоровыми животными, во все периоды репродуктивного цикла установлено пониженное содержание белка, альбумина и повышение  $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулиновых фракций. Снижение уровня мочевины, обусловленное менее выраженной динамичностью белкового обмена. Увеличение креатинина, свидетельствующее об уменьшении уровня почечной фильтрации, недостаточности мочевыделительной функции почек. Пониженная концентрация  $\gamma$ -глобулинов у них указывала на ослабление интенсивности синтеза иммунных белков.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы для оценки интенсивности белкового обмена у свиноматок в промышленных свиноводческих хозяйствах на разных этапах супоросного периода, прогноза развития послеродовой патологии и разработки мероприятий по профилактике болезней воспалительного характера в репродуктивных органах.

**Conclusion.** Thus, in the sows with the risk of development and clinically manifested postpartum diseases, compared with clinically healthy animals, during all periods of the reproductive cycle, a reduced content of protein, albumin and an increase in  $\alpha$ - and  $\beta$ -globulin fractions were found. A decrease in the urea levels is due to less pronounced dynamics of protein metabolism. An increase in creatinine indicates a decrease in the level of renal filtration and insufficiency of the urinary function of the kidneys. The reduced concentration of  $\gamma$ -globulins in them indicated a weakening of the intensity of immune protein synthesis.

The findings can be used to assess the intensity of protein metabolism in sows at industrial pig breeding farms at different stages of the gestation period to predict the development of postpartum pathology and to develop measures for the prevention of inflammatory diseases in reproductive organs.

**Список литературы.** 1. Демидович, А. П. *Диагностическое значение биохимических показателей крови (белковый, углеводный, липидный обмен)* / А. П. Демидович. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 36 с. 2. Коба, И. С. *Усовершенствование комплексной фармакотерапии при остром послеродовом эндометрите бактериально-микозной этиологии: автореф. дис. ... д-ра вет. наук* / И. С. Коба. – Краснодар, 2009. – 48 с. 3. Курушина, А. А. *Особенности белкового обмена свиноматок различного физиологического состояния под влиянием микробиологического витамина А* / А. А. Курушина, Н. А. Любин // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы II-ой Международной научно-практической конференции. 8-10 июня 2010 года.* - Ульяновск : УГСХА, 2010. - Т. IV: *Актуальные вопросы ветеринарной медицины, биологии и экологии.* - С. 105-107. 4. *Методические рекомендации по диагностике, терапии и профилактике нарушений обмена веществ у продуктивных животных* / М. И. Рецкий [и др.]. – Воронеж: Истоки, 2005. – 94 с. 5. Погребняк, А. А. *Изменения биохимических показателей у беременных женщин* / А. А. Погребняк, К. В. Хорляков, О. В. Хорлякова // *Международный студенческий научный вестник.* – 2015. – № 2-2. 6. *Показатели белкового и азотистого обмена в течение беременности* / В. С. Скрипкин [и др.]. // *Вестник КрасГАУ.* – 2020. - № 12. - С. 152–155. 7. *A prenatal hypoxia of a fruit at sows* / D. I. Bobrik [et al] // *Agriculture – problems and prospect. Veterinary science.* - 2006.- Vol. 3. - P. 181–184. 8. Kalhan, S. K. *Protein metabolism in pregnancy* / S. K. Kalhan // *Am J Clin Nutr.* – 2000. – Vol. 71. – P. 1249-55C. - doi: 10.1093/ajcn/71.5.1249s.)

**References.** 1. Demidovich, A. P. *Diagnosticheskoe znachenie biohimicheskikh pokazatelej krovi (belkovyj, uglevodnyj, lipidnyj obmen)* / A. P. Demidovich. – Vitebsk : VGAVM, 2019. – 36 s. 2. Koba, I. S. *Usovershenstvovanie kompleksnoj farmakoterapii pri ostrom poslerodovom endometrite bakterial'no-mikoznoj etiologii: avtoref. dis. ... d-ra vet. nauk* / I. S. Koba. – Krasnodar, 2009. – 48 s. 3. Kurushina, A. A. *Osobennosti belkovogo obmena svinomatok razlichnogo fiziologicheskogo sostoyaniya pod vliyaniem mikrobiologicheskogo vitamina A* / A. A. Kurushina, N. A. Lyubin // *Agrarnaya nauka i obrazovanie na sovremennom etape razvitiya: opyt, problemy i puti ih resheniya : materialy II-oy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. 8-10 iyunya 2010 goda.* - Ul'yanovsk : UGSHA, 2010. - T. IV: *Aktual'nye voprosy veterinarnoj mediciny, biologii i ekologii.* - S. 105-107. 4. *Metodicheskie rekomendacii po diagnostike, terapii i profilaktike narushenij obmena veshchestv u produktivnyh zhivotnyh* / M. I. Reckij [i dr.]. – Voronezh: Istoki, 2005. – 94 s. 5. Pogrebnyak, A. A. *Izmeneniya biohimicheskikh pokazatelej u beremennyh zhenshchin* / A. A. Pogrebnyak, K. V. Horlyakov, O. V. Horlyakova // *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik.* – 2015. – № 2-2. 6. *Pokazateli belkovogo i azitistogo obmena v techenie beremennosti* / V. S. Skripkin [i dr.]. // *Vestnik KrasGAU.* – 2020. - № 12. - S. 152–155. 7. *A prenatal hypoxia of a fruit at sows* / D. I. Bobrik [et al] // *Agriculture – problems and prospect. Veterinary science.* - 2006.- Vol. 3. - P. 181–184. 8. Kalhan, S. K. *Protein metabolism in pregnancy* / S. K. Kalhan // *Am J Clin Nutr.* – 2000. – Vol. 71. – P. 1249-55S. - doi: 10.1093/ajcn/71.5.1249s.)

Поступила в редакцию 04.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-63-67  
УДК 636:618+615.036.8

## ВЕТЕРИНАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ИММУНОПРОФИЛАКТИКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

\*Тюрин В.Г. ORCID ID 0000-0002-0153-9775, \*Потемкина Н.Н. ORCID ID 0000-0002-5063-5448,

\*\*Семенов В.Г. ORCID ID 0000-0002-0349-5825, \*\*Кондручина С.Г. ORCID ID 0000-0003-0774-3715,

\*\*\*Родионова Н.С. ORCID ID 0000-0001-5860-5668, \*\*\*Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433

\*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 бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»,  
г. Москва, Российская Федерация

*В статье представлено ветеринарно-гигиеническое обоснование иммунопрофилактики крупного рогатого скота отечественными комплексными биопрепаратами нового поколения на основе полисахаридного комплекса дрожжевых клеток и антибактериальных компонентов, относящихся к группе иммунотропных средств. Биопрепараты Salus-PE и Salus-EG предупреждают послеродовые осложнения, улучшают воспроизводительные и продуктивные качества молочных коров, за счет активизации гемопозза, метаболизма, избирательной мобилизации аминотрансфераз и факторов клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности организма, при более выраженном соответствующем эффекте Salus-EG. **Ключевые слова:** физиологическое состояние, морфологические, биохимические показатели крови, иммунотропные препараты.*

## VETERINARY HYGIENIC SUBSTANTIATION FOR THE USE OF DOMESTIC BIOPREPARATIONS FOR IMMUNOPROPHYLAXIS IN CATTLE

\*Tyurin V.G., \*Potemkina N.N., \*\*Semenov V.G.,

\*\*Kondruchina S.G., \*\*\*Rodionova N.S., \*\*\*Kapitonova E.A.

\*All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology –  
branch of the Federal State Budgetary Institution FSC VIEV RAS, Moscow, Russian Federation

\*\*Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Russian Federation

\*\*\*Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MBA named after K.I. Scriabin", Moscow, Russian Federation

*The article presents veterinary hygienic substantiation for the immunoprophylaxis of cattle using domestic complex biological products of a new generation based on a polysaccharide complex of yeast cells and antibacterial components belonging to the group of immunotropic agents. Biological products Salus-PE and Salus-EG prevent postpartum complications, improve the reproductive and productive qualities of dairy cows, due to the activation of hematopoiesis, metabolism, selective mobilization of aminotransferases and factors of the cellular and humoral links of nonspecific resistance of the body, with a more pronounced corresponding effect of Salus-EG. **Keywords:** physiological state, morphological, biochemical blood parameters, immunotropic drugs.*

**Введение.** Животноводство как системообразующая отрасль агропромышленного комплекса обеспечивает более 40 процентов продукции сельского хозяйства, оказывает существенное влияние на формирование внутреннего агропродовольственного рынка и развитие других сфер народного хозяйства, включая пищевую и легкую промышленность [2, 3].

Реализация Государственной программы позволила начиная с 2017 года обеспечить устойчивый рост валового производства молока и к 2023 году увеличить объемы производства на 3,19 млн тонн молока. В структуре производства доля сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств с 58% в 2016 году возросла до 67% в 2022 году. Производство молока в хозяйствах всех категорий в 2022 году составило 32,98 млн тонн, что на 2% больше уровня 2021 года. Надой на 1 корову в сельскохозяйственных организациях составил 7440 кг, что на 433 кг больше уровня 2021 года. Благодаря государственной поддержке на протяжении ряда лет, в стране создана собственная база племенных ресурсов по 13 видам сельскохозяйственных животных, репродукция, которой используется в товарном секторе для производства продукции животноводства [7].

Вместе с тем необходимо отметить, что генетические ресурсы животного мира постоянно находятся под угрозой сокращения из-за бессистемных скрещиваний, отсутствия селекционной стратегии и программ, давления искусственного отбора, природных и социальных катаклизмов, конъюнктуры рынка. На состояние генофонда действуют и такие факторы, как интенсификация производства, замещение пород более продуктивными, широкое использование искусственного осеменения и трансплантации эмбрионов. Эти процессы снижают внутривидовое разнообразие и границы генетической изменчивости [2, 5].

Как показывает анализ, в молочном скотоводстве с каждым годом возрастают объемы скрещивания с голштинофризами как главного метода разведения не только черно-пестрой, но и других пород отечественной селекции. Так, в структуре пробонитированного поголовья помеси составляют около 50%, в том числе от поглотительного скрещивания во втором поколении – 60%, возвратного – 28%, «в себе» – менее 2%. При такой схеме разведения резко сокращается внутривидовое генетическое разнообразие. Сужается генетическая изменчивость в популяциях, снижаются резистентность к заболеваниям и сроки хозяйственного использования животных, теряются адаптационные и ценные хозяйственные качества пород [4, 8].

Успешное развитие молочного скотоводства зависит от множества факторов, среди которых наиболее весомыми считаются породная ценность, условия содержания и эксплуатации животных, полноценное кормление, их здоровье и качество производимой продукции [1, 8].

Новая стратегия развития животноводства для получения органической продукции должна быть основана на наиболее полной реализации потенциала продуктивности скота путем создания оптимальных зооигиенических условий содержания и кормления [6]. На опыте последнего десятилетия стало очевидно, что внедряемые в производство инновационные технологии повышают эффективность использования производственных помещений и оборудования, производительность труда персонала, но не учитывают биологические особенности и механизмы адаптации высокопродуктивной популяции скота, блокируют ее от природной среды обитания, приближая к биологической машине для производства целевой продукции. Таким образом, несмотря на процессы роста использования в хозяйствах перспективных технологий, необходимый уровень продуктивности скота и рентабельности отрасли не достигается.

В условиях интенсификации молочного скотоводства на фоне постоянного негативного воздействия стресс-факторов высокая продуктивность скота предопределяет повышенную нагрузку на организм, компенсируемую мобилизацией функциональной активности органов и систем. На сегодняшний день активность системы резистентности не всегда бывает достаточной, что повышает вероятность развития заболеваний, а состояние здоровья животных напрямую определяет их продуктивность.

**Цель исследований** — ветеринарно-гигиеническое обоснование иммунопрофилактики крупного рогатого скота отечественными биопрепаратами нового поколения для более полной реализации их воспроизводительных и продуктивных качеств.

**Материалы и методы исследований.** Научные исследования по ветеринарно-гигиеническому обоснованию иммунопрофилактики организма крупного рогатого скота проводили с комплексными отечественными биопрепаратами нового поколения Prevention-N-C, Prevention-N-E, Salus-PE и Salus-EG на основе полисахаридного комплекса дрожжевых клеток и антибактериальных компонентов, относящихся к группе иммунотропных средств.

На первом этапе объектами исследований были коровы, находящиеся в периодах сухостоя, новотельности и лактации, а также полученные от них телята с рождения до достижения возраста 540 суток. По принципу аналогов мы сформировали три группы стельных сухостойных коров (одна контрольная и две опытные) по 15 голов в каждой. С целью улучшения воспроизводительных качеств черно-пестрого скота и реализации продуктивного потенциала коровам 1-й опытной группы трехкратно за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до отела внутримышечно в дозе 10 мл/гол инъецировали иммунотропный препарат Prevention-N-C, а коровам 2 опытной группы по той же схеме и в те же сроки – Salus-PE.

Объектами исследований во 2-м этапе научной работы были импортируемые из Беларуси нетели голштинской породы. В научно-хозяйственном опыте были подобраны три группы нетелей по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста и живой массы по 15 животных в каждой. Нетелям 1-й опытной группы внутримышечно инъецировали Prevention-N-E в дозе 10 мл двукратно за 7 суток до вывоза и на 2 сутки после завоза, нетелям 2-й опытной группы – Salus-EG по той же схеме.

Объектами исследований третьего этапа научной работы служили стельные (за 45 суток до отела) и новотельные (3-5 суток после отела) коровы голштинизированной черно-пестрой породы. В научно-хозяйственном опыте было подобрано четыре группы сухостойных коров (одна контрольная и три опытных) по принципу групп-аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста и живой массы по 10 животных в каждой. С целью определения степени воздействия биопрепаратов, коровам 1-й опытной группы внутримышечно в среднюю треть шеи инъецировали Salus-PE в дозе 10 мл трехкратно за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до предполагаемой даты отела, 2-й опытной группы – Salus-EG в те же сроки и дозе.

Показатели физиологического состояния, морфологического и биохимического профилей крови, клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма коров, нетелей и первотелок проводили в наиболее напряженные и ответственные периоды для материнского организма и развития плода, а именно за 35-30, 15-10 и 10-5 суток до отела, а также через 3-5 суток по-

сле отела на физиологически здоровых животных. Кроме того, исследовали биоаминный спектр крови нетелей до и после транспортировки, состояние репродуктивных органов коров-матерей в период раздоя, молочную продуктивность и качество молока. Показатели роста, заболеваемости и сохранности, физиологического состояния, морфологического и биохимического профилей крови, а также неспецифической резистентности организма телят изучали на 1-, 15-, 30-, 60-, 90-, 120-, 150- и 180-е сутки, а молодняка – на 360- и 540-е сутки по общепринятым в ветеринарии методикам.

**Результаты исследований.** Научно-исследовательская работа проведена в соответствии с зооигиеническими нормами микроклимата в коровниках и родильном отделении, помещениях для выращивания телят, доразивания и откорма молодняка, регламентированных Методическими рекомендациями по технологическому проектированию ферм и комплексов крупного рогатого скота – РД-АПК 1.10.01.02-10.

Установлено, что биопрепараты Prevention-N-C и Salus-PE при трехкратном внутримышечном инъекции в дозе 10 мл за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до отела профилактуют гинекологические болезни и повышают воспроизводительную функцию коров. Под влиянием препаратов Prevention-N-C и Salus-PE у коров сокращались сроки отделения плодных оболочек на 6,0 и 6,4 ч, исключалось задержание последа, предупреждались послеродовые осложнения и заболевания молочной железы. Риски возникновения субинволюции матки и эндометрита при внутримышечном введении коровам Prevention-N-C уменьшались на 13,3 и 6,6% соответственно, а при применении Salus-PE исключались ( $P < 0,05$ ).

На фоне иммунопрофилактики организма у коров сокращались сроки наступления первой половой охоты на 11,6 и 14,2 сут., уменьшался индекс осеменения в 1,6 и 1,8 раза, укорачивался сервис-период на 22,4 и 28,4 сут. и повышалась оплодотворяемость при первом осеменении на 20,0 и 26,7% ( $P < 0,05-0,01$ ).

Молоко, полученное от коров на фоне использования биопрепаратов, соответствовало требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) и ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

На фоне применения биопрепаратов Prevention-N-C и Salus-PE в крови коров на 3-5 сутки после отела установлено достоверное увеличение количества эритроцитов на 9,0 и 10,0% и концентрации гемоглобина – на 4,3 и 6,2%, что свидетельствует об активизации гемопоэза. Выявлено увеличение концентрации общего белка в сыворотке крови коров на фоне иммунокоррекции на 5,2 и 3,8 г/л, за счет увеличения альбуминовой на 1,8 и 1,3 г/л и глобулиновой фракций, преимущественно  $\gamma$ -глобулиновой – на 2,8 и 2,1 г/л ( $P < 0,05-0,01$ ). Отмечено также повышение у животных первой и второй опытных групп резервной щелочности крови на 3,8 об%СО<sub>2</sub> (то есть на 7,7%,  $P < 0,05$ ) и на 5,2 об%СО<sub>2</sub> (на 10,5%,  $P < 0,01$ ), уровня глюкозы – на 0,29 ммоль/л (то есть на 12,3%,  $P < 0,01$ ) и 0,21 ммоль/л (на 8,9%,  $P < 0,05$ ), общего кальция – на 0,18 и 0,20 ммоль/л, или 7,4 и 8,2% ( $P < 0,05$ ), и неорганического фосфора на 0,26 и 0,22 ммоль/л, то есть на 17,1% ( $P < 0,05$ ) и 14,5% ( $P > 0,05$ ) соответственно. Фагоцитарная активность нейтрофилов крови у коров-матерей на фоне применения Prevention-N-C и Salus-PE оказалась достоверно выше на 6,1-6,9%, фагоцитарный индекс – на 24,3-27,0%, лизоцимная активность плазмы крови – на 2,6% в обеих опытных группах, бактерицидная активность сыворотки крови – на 5,0 и 5,2% и количество иммуноглобулинов – на 19,4 и 17,5% соответственно. Выявленные изменения свидетельствуют об активизации в организме коров обменных процессов и механизмов неспецифической резистентности.

Биопрепараты Prevention-N-C и Salus-PE снижают заболеваемость телят, полученных от соответствующих групп коров на фоне иммунопрофилактики, на 28,6 и 35,8%, сокращают сроки выздоровления на 2,4 и 4,2 суток, что свидетельствует о выраженной профилактической эффективности испытанных препаратов при заболеваниях органов дыхания и пищеварения, а также стимулируют рост и развитие молодняка. Так, к завершению периода выращивания животные 1-й и 2-й опытных групп превосходили по живой массе контрольных сверстников на 5,0 и 7,0 кг, доразивания – 13,8 и 16,6 кг, при снятии с откорма – на 19,2 и 24,0 кг ( $P < 0,001$ ). На фоне применения биопрепаратов повышалась предубойная масса молодняка на 20,1 и 24,2 кг, масса парной туши – на 12,4 и 15,4 кг, убойная масса – на 13,4 и 16,1 кг и масса внутреннего жира – на 0,7 и 0,9 кг. Говядина соответствовала требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013), что свидетельствует о доброкачественности мясных туш.

Выявленная закономерность в динамике биоаминов в тромбоцитах, нейтрофилах, лимфоцитах и плазме крови импортируемых нетелей контрольной группы свидетельствует о том, что животные испытывают транспортный стресс, что сопровождается адекватным выбросом биоаминов из мест депонирования: катехоламинов – на 9,1-15,8%, гистамина – на 1,02-2,35% ( $P < 0,01$ ) и серотонина на 1,0-4,6%. Внутримышечная инъекция транспортируемым животным биопрепаратов Prevention-N-E и Salus-EG снижает концентрацию катехоламинов в компонентах крови животных 1-й и 2-й опытных групп на 7,6-16,4% и 10,8-18,9% и гистамина – на 1,9-4,3% и 2,6-4,4%, по сравнению с кон-

тролем ( $P < 0,05-0,001$ ) и, наоборот, повышает концентрацию серотонина на 1,5-4,2% и 2,4-5,5% соответственно ( $P < 0,05-0,01$ ). Избирательная мобилизация симпатoadренальной, серотонин- и гистаминергической систем организма свидетельствует о корригирующем влиянии биопрепаратов Prevention-N-E и Salus-EG на механизмы формирования биохимической адаптации организма к экстремальным условиям при транспортном стрессе.

На фоне профилактики транспортного стресса импортруемых нетелей биопрепаратами Prevention-N-E и Salus-EG установлено улучшение физико-химических показателей молока первотелок, и они отвечали требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Установлено, что трехкратные инъекции биопрепаратов Salus-PE и Salus-EG в дозе 10,0 мл за 45-40, 25-20 и 15-10 суток до предполагаемой даты отела стимулируют неспецифическую защиту организма, предупреждают акушерско-гинекологические заболевания у коров и способствуют улучшению воспроизводительных качеств.

Так, под воздействием биопрепаратов у коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп сокращались сроки отделения плодных оболочек на 5,3 ч, 6,0 и 5,4 ч соответственно, уменьшалась вероятность возникновения субинволюции матки в 4,0 раза, 4,0 и 2,0 раза, в 3-й опытной – снижался риск возникновения эндометрита в 2,0 раза, а в 1-й и во 2-й опытных – исключался. Заболеваемость маститом оказалась ниже в 3,0 раза при применении Salus-EG и в 1,5 раза при использовании Salus-PE и электропунктурного воздействия. Апробируемые способы иммунопрофилактики сократили количество случаев кетоза субклинической формы среди новотельных коров опытных групп в 4,0 раза.

На фоне инъекции биопрепаратов у коров опытных групп сокращались сроки наступления первой половой охоты на 14,1 сут., 18,8 и 14,9 сут., снижался индекс осеменения на 27%, 30 и 23% и сервис-период – на 25,2 сут., 35,5 и 23,0 сут., а оплодотворяемость в первую половую охоту увеличилась в 1-й и 3-й опытных группах на 30%, во 2-й – на 40%.

Морфобиохимические показатели крови новотельных коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп оказались выше, нежели в контроле: количество эритроцитов – на 6,1%, 9,8 и 4,7%, концентрация гемоглобина – на 3,4%, 4,8 и 3,5% ( $P < 0,05-0,01$ ). Примечательно, что количество лейкоцитов в крови коров контрольной и 3-й опытной групп на 5-10 сутки после отела повышалось на 9,8% и 14,2%, а в 1-й и 2-й опытных группах, наоборот, уменьшалось на 1,2% и 2,08% соответственно. Уровень общего белка в сыворотке крови коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп был выше, нежели в контроле, – на 6,9%, 7,4 и 2,3% соответственно ( $P < 0,05-0,01$ ). У новотельных коров опытных групп содержание  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови увеличилось на 0,7 г/л, 0,4 и 0,5 г/л ( $P < 0,001$ ), уровень щелочного резерва – на 8,4%, 9,1 и 0,8% ( $P < 0,05-0,01$ ), глюкозы – на 23,7%, 26,2 и 21,1% ( $P < 0,05$ ), общего кальция – на 0,22 ммоль/л, 0,05 ммоль/л и 0,01 ммоль/л ( $P < 0,05$ ), неорганического фосфора – на 0,23 ммоль/л, 0,27 ммоль/л и 0,24 ммоль/л ( $P < 0,05$ ), каротина – на 0,9 мг/%, 1,0 и 0,1 мг/% соответственно. Установлено, что активность АЛТ после отела оказалась достоверно ниже у коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп по сравнению с контролем на 11,2 ед./л, 8,15 и 9,77 ед./л ( $P < 0,05$ ), а АСТ – на 16,19 ед./л, 13,39 и 15,13 ед./л соответственно ( $P < 0,05$ ).

На фоне иммунокоррекции организма стельных коров биопрепаратами Salus-PE и Salus-EG и электропунктурного воздействия установлена активизация факторов неспецифической резистентности и иммунологической реактивности организма. Так, новотельные коровы 1-й, 2-й и 3-й опытных групп превосходили сверстниц в контроле по фагоцитарной активности лейкоцитов на 2,9%, 4,5 и 2,8%, фагоцитарному индексу – на 0,2, 0,8 и 0,3, бактерицидной активности сыворотки – на 5,0%, 6,2 и 4,3%, лизоцимной активности плазмы крови – на 2,1%, 3,3 и 1,9%, концентрации иммуноглобулинов – на 0,8 мг/мл, 1,6 и 1,4 мг/мл соответственно.

Коровы 1-й, 2-й и 3-й опытных групп превосходили по удою за 305 дней лактации контрольных сверстниц на 156 кг, 201 и 34 кг соответственно ( $P < 0,01-0,001$ ). Наиболее выраженный соответствующий эффект оказывал комплексный биопрепарат Salus-EG.

На фоне применения разработанных способов иммунопрофилактики глубокостельных коров установлено улучшение физико-химических и микробиологических показателей сырого коровьего молока, которые отвечали требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013), ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

**Заключение.** Многолетние исследования отечественных биопрепаратов нового поколения показали, что их положительное влияние на организм крупного рогатого скота достигается за счет активизации клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности. Эти биопрепараты профилактируют транспортный стресс и способствуют реализации биоресурсного потенциала воспроизводительных и продуктивных качеств импортруемых нетелей за счет избирательной мобилизации симпатoadренальной, серотонин- и гистаминергической систем

организма, морфологического и биохимического профилей крови, активности ферментов переаминирования и факторов неспецифической резистентности. Следует учесть, что биопрепараты Salus-PE и Salus-EG предупреждают послеродовые осложнения, улучшают воспроизводительные и продуктивные качества молочных коров, за счет активизации гемопоэза, метаболизма, избирательной мобилизации аминотрансфераз и факторов клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности организма, при более выраженном соответствующем эффекте Salus-EG.

**Conclusion.** Long-term studies of new generation domestic biological products have shown that their positive effect on the body of cattle is achieved by activating the cellular and humoral components of nonspecific resistance. These biological products prevent transport stress and contribute to the realization of the bioresource potential of the reproductive and productive qualities of imported heifers due to the selective mobilization of the sympathoadrenal, serotonin- and histaminergic systems of the body, morphological and biochemical blood profiles, the activity of transamination enzymes and nonspecific resistance factors. It should be noted that the biological products Salus-PE and Salus-EG prevent postpartum complications, improve the reproductive and productive qualities of dairy cows, due to the activation of hematopoiesis, metabolism, selective mobilization of aminotransferases and factors of the cellular and humoral links of nonspecific resistance of the body, with a more pronounced corresponding effect of Salus -EG.

**Список литературы.** 1. Адсорбент микотоксинов «Беласорб» в комлении сельскохозяйственных животных : рекомендации / В. М. Голушко [и др.]. – Жодино : РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2020. – 15 с. 2. Выращивание теленка от рождения до высокопродуктивной коровы : технологические, кормовые и ветеринарные аспекты : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки «Зоотехния» (квалификация - бакалавр) и (квалификация - магистр) / Л. И. Подобед [и др.]. - Санкт-Петербург : Изд-во «РАЙТ ПРИНТ ЮГ», 2017. – 580 с. 3. Инновационное развитие агропромышленного комплекса как фактор конкурентоспособности: проблемы, тенденции, перспективы : коллективная монография : в 2 ч. / К. Амброжы-Дереговска [и др.]. - Киров, 2020. – Ч. 2. – 430 с. 4. Конопельцев, И. Г. Воспроизводительная функция коров молочных пород в зависимости от различных факторов / И. Г. Конопельцев, С. В. Николаев, Л. В. Бледных // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины». - 2017. – Вып. 1. - С. 70-75. 5. Коршун, С. И. Влияние генотипа по голштинской породе на долголетие и пожизненную продуктивность коров / С. И. Коршун, Н. Н. Климов // Агроэкономика: экономика и сельское хозяйство. - 2017. - № 7 (19). - С. 1-5. 6. Петрянкин, Ф. П. Иммуностимуляторы в практике ветеринарной медицины : монография / Ф. П. Петрянкин, В. Г. Семенов, Н.Г. Иванов. - Чебоксары: Новое Время, 2015. - 272 с. 7. Материалы парламентских слушаний на тему: «Законодательное обеспечение развития животноводства в России» 18 октября 2023 года, Москва. 8. Технология производства продукции животноводства. Курс лекций : в 2 ч. / М.А. Глашкович [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – Ч. 2 : Технология производства продукции скотоводства, свиноводства и птицеводства. - 240 с.

**References.** 1. Adsorbent mikotoksinov «Belasorb» v komlenii sel'skohozyajstvennyh zhyvotnyh : rekomendacii / V. M. Golushko [i dr.]. – Zhodino : RUP «NPC NAN Belarusi po zhyvotnovodstvu», 2020. – 15 s. 2. Vyrashchivanie telenka ot rozhdeniya do vysokoproduktivnoj korovy : tekhnologicheskie, kormovye i veterinarnye aspekty : uchebnik dlya studentov vysshih uchebnyh zavedenij, obuchayushchihsya po napravleniyu podgotovki «Zootekhniya» (kvalifikaciya - bakalavr) i (kvalifikaciya - magistr) / L. I. Podobed [i dr.]. - Sankt-Peterburg : Izd-vo «RAJT PRINT YuG», 2017. – 580 s. 3. Innovacionnoe razvitie agropromyshlennogo kompleksa kak faktor konkurentosposobnosti: problemy, tendencii, perspektivy : kollektivnaya monografiya : v 2 ch. / K. Ambrozhy-Deregovska [i dr.]. - Kirov, 2020. – Ch. 2. – 430 s. 4. Konopel'cev, I. G. Vosproizvoditel'naya funkciya korov molochnyh porod v zavisimosti ot razlichnyh faktorov / I. G. Konopel'cev, S. V. Nikolaev, L. V. Blednyh // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». - 2017. – Vyp. 1. - S. 70-75. 5. Korshun, S. I. Vliyanie genotipa po golshtinskoj porode na dolgoletie i pozhiznennuyu produktivnost' korov / S. I. Korshun, N. N. Klimov // Agroekonomika: ekonomika i sel'skoe hozyajstvo. - 2017. - № 7 (19). - S. 1-5. 6. Petryankin, F. P. Immunostimulyatory v praktike veterinarnoj mediciny : monografiya / F. P. Petryankin, V. G. Semenov, N.G. Ivanov. - Cheboksary: Novoe Vremya, 2015. - 272 s. 7. Materialy parlamentskih slushanij na temu: «Zakonodatel'noe obespechenie razvitiya zhyvotnovodstva v Rossii» 18 oktyabrya 2023 goda, Moskva. 8. Tekhnologiya proizvodstva produkcii zhyvotnovodstva. Kurs lekcij : v 2 ch. / M.A. Glaskovich [i dr.]. – Gorki: BGSHA, 2017. – Ch. 2 : Tekhnologiya proizvodstva produkcii skotovodstva, svinovodstva i pticevodstva. - 240 s.

Поступила в редакцию 30.04.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-68-74  
УДК 611.451:639.113.3

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ НАДПОЧЕЧНИКОВ И УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ У ВЫДРЫ РЕЧНОЙ В ЗОНЕ ВЫСОКОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Федотов Д.Н. ORCID ID 0000-0003-3366-8704

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

*Впервые определены анатомические, гистологические и морфометрические критерии по радиационно-индуцированному воздействию на надпочечники выдры речной в постнатальном онтогенезе. Выявлены индивидуальные и возрастные топографические закономерности у правого органа, как у левого, не установлено. Правый надпочечник бобовидной, а левый – конусовидной формы. К 6-7 годам ростовые процессы надпочечников продолжают в положительной динамике. По параметрам удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках установлено, что у речной выдры на протяжении всего постнатального онтогенеза в зоне высокого радиоактивного загрязнения показатель увеличивается в 3,62 раза до  $1,99 \pm 0,25$  кБк/кг. Толщина всего коркового вещества надпочечника за весь период исследований увеличивается до  $258,97 \pm 6,04$  мкм и превалирует над мозговым веществом. **Ключевые слова:** надпочечники, морфология, выдра, радиация.*

## REGULARITIES OF AGE STRUCTURAL-FUNCTIONAL RESTRUCTURING OF THE ADRENAL GLANDS AND THE LEVEL OF RADIONUCLIDES CONTENTS IN THE RIVER OTTER IN THE ZONE OF HIGH RADIOACTIVE POLLUTION IN THE TERRITORY OF BELARUS

Fiadotau D.N.

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

*For the first time, anatomical, histological and morphometric criteria have been determined for radiation-induced effects on the adrenal glands of the river otter in postnatal ontogenesis. Pronounced individual and age-related topographic patterns in the right organ, as in the left, have not been established. The right adrenal gland is bean-shaped, and the left one is cone-shaped. By the age of 6-7 years, the growth processes of the adrenal glands continue in positive dynamics. Based on the parameters of the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the adrenal glands, it was established that in the river otter throughout the entire postnatal ontogenesis in the zone of high radioactive contamination, the indicator increases by 3.62 times to  $1.99 \pm 0.25$  kBq/kg. The thickness of the entire adrenal cortex over the entire study period increases to  $258.97 \pm 6.04$   $\mu\text{m}$  and prevails over the medulla. **Keywords:** adrenal glands, morphology, otter, radiation.*

**Введение.** Выдра является типичным представителем хищников Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Как и другие хищники, выдра может служить биоиндикатором состояния природной среды, поэтому изучение ее органов и систем на гистологическом уровне представляет большой интерес для научных исследований [2, 8]. В современной биологии и ветеринарии имеется значительное количество работ, которые доказывают, что при воздействии ионизирующего излучения в клетках и тканях развиваются морфологические изменения разной степени выраженности [4, 7, 9]. Предполагают, что механизмы биологических эффектов малых и больших доз облучения могут принципиально отличаться. Эндокринные железы, а особенно такие как щитовидная железа и надпочечники, занимают одно из центральных мест в регуляции и реализации таких жизненно важных процессов, как рост, развитие (включая все этапы онтогенеза), репродуктивное поведение и адаптация организма к изменяющимся условиям существования [7, 10, 11]. Однако работ о влиянии радиационной среды обитания на надпочечники речной выдры в подручной литературе не имеется.

**Цель исследований** – определить возрастные морфологические изменения и уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках выдры речной, обитающей в условиях белорусского сектора зоны отчуждения.

**Материалы и методы исследований.** Животные отлавливались путем постановки капканов № 3-5, вскрытие проводили в условиях отдела экологии фауны государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник». Материал для исследования отбирался от речных выдр, обитающих на загрязненной радионуклидами территории заповедника (белорусский сектор 30-км зоны отчуждения) в бывших населенных пунктах вблизи озера Гнездное. В результате полученного материала было сформировано три возрастные группы из 12 животных: 1-2 года (неполовозрелые, самостоятельно питающиеся); 3-4 года (половозрелые); 6-7 лет (взрослые, ранний геронтологический период).

Самцы речной выдры отлавливались в ареале обитания озера Гнездное (с высокой плотностью радиоактивного загрязнения). Определена плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора, так как вода является как транспортной средой (поверхностный и внутриводный)

венный сток в прибрежных экосистемах), так и субстратом, в котором протекают первые процессы трансформации химических форм радионуклидов. Плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора озеро Гнездное составляет по  $^{137}\text{Cs}$  –  $271 \pm 54$  кБк/м<sup>2</sup>, по  $^{90}\text{Sr}$  –  $44 \pm 13$  кБк/м<sup>2</sup>. При этом  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , поступающие в озеро Гнездное, попадают в воду, переносятся и аккумулируются из нее грунтами и гидробионтами, их средняя удельная активность в воде исследуемого водного объекта равна по  $^{137}\text{Cs}$  –  $1,13$  Бк/л<sup>2</sup>, по  $^{90}\text{Sr}$  –  $<20$  Бк/л. Озеро Гнездное (замкнутый водоем) находится в Наровлянском районе Гомельской обл., в 28 км на юго-восток от г.п. Наровля, возле б.н.п. Хвощевка и относится к бассейну р. Припять (фактически расположено в ее пойме). Является озером старичного типа. Местность холмистая, имеющая сложный рельеф. Берега песчаные, высокие, местами поросшие древесно-кустарниковой растительностью (их предпочитает речная выдра). Длина береговой линии озера Гнездное около 4,2 км. На относительно крупном озере Гнездное встречаемость рыбы в рационе речной выдры составляет 80-85%. Основу кормления выдры составляет рыба массой до 200 г: окунь ( $^{137}\text{Cs}$  – 284-560 Бк/кг), щука ( $^{137}\text{Cs}$  – 137-281 Бк/кг), плотва ( $^{137}\text{Cs}$  – 45-298 Бк/кг), густера ( $^{137}\text{Cs}$  – 47-118 Бк/кг). До настоящего времени в белорусском секторе зоны отчуждения существуют водоемы, в том числе озеро Гнездное, с высокими уровнями удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в гидробионтах, в частности рыбах. Радионуклиды вовлекаются в биогеохимические циклы и, мигрируя по пищевой сети, накапливаются верхними трофическими уровнями, которые в большинстве пресноводных экосистем занимают рыбы – один из объектов кормления речной выдры. Это может являться дополнительным источником поступления радионуклидов в организм речной выдры и приводить к увеличению дозовых нагрузок на ее популяцию, обитающую на радиоактивно загрязненной территории. Рыба массой 300-500 г и более добывается выдрой относительно редко. Наибольшая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  среди всех исследуемых видов рыб из рациона речной выдры регистрировалась в окуне обыкновенном ( $406 \pm 91$  Бк/кг) и немного превышала республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в рыбе (370 Бк/кг).

Радиоактивное загрязнение стало дополнительным экологическим фактором на пострадавших территориях. Основными факторами, определяющими количественное содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в рыбах, являются: уровень и состав радиоактивного загрязнения водных объектов и их водосборных территорий, гидрологический режим водоемов, а также физиологические особенности накопления радионуклида в органах и тканях.

Нами была определена удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках выдры речной, обитающей в условиях белорусского сектора зоны отчуждения.

Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в объектах проводили гамма-спектрометрическим методом. Радиоспектрометрический анализ проведен в лаборатории спектрометрии и радиохимии государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» с использованием гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315 и гамма-спектрометра «Canberra».

У животных изучали абсолютную массу надпочечников. Линейные размеры исследуемых органов измеряли с помощью линейки с ценой деления 1 мм и штангенциркуля. Абсолютную массу измеряли на электронных весах Scout Pro. Топография описывалась с учетом голотопии (местоположением в теле), скелетотопии (расположением органов в теле животного относительно элементов скелета) и синтопии (топографическое отношение органа к соседним анатомическим образованиям). Также отмечали внешние морфологические признаки – цвет, консистенцию, поверхность, вид, форму и абрис органов.

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

Надпочечники фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. Гистологические срезы окрашивали гематоксилин-эозином, судан III и по Ван-Гизону.

Абсолютные измерения структурных компонентов надпочечников осуществляли при помощи светового микроскопа «Olympus» модели ВХ-41 с цифровой фотокамерой системы «Altra20» и спектрометра HR 800 с использованием программы «Cell^A» и проводили фотографирование цветных изображений (разрешением 1400 на 900 пикселей). Дополнительно на цифровом микроскопе Celestron с LCD-экраном PentaView модели #44348 проводили фотографирование с последующим анализом цветных изображений (разрешением 1920 на 1080 пикселей).

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

**Результаты исследований.** Установлено, что у речной выдры правый и левый надпочечник располагается кранио-медиально на соответствующей почке. Нередко почки окружены жировой капсулой, на которой локализуются надпочечники. Левый надпочечник имеет синтопические связи с желудком, селезенкой и печенью (большая часть которой располагается в левом подреберье) и большей степенью – с жировой капсулой почки. Синтопия правого надпочечника практически по-

стоянна, то есть он имеет связь с жировой капсулой почки и ее веной, а также с правой долей печени. Выраженных индивидуальных и возрастных топографических закономерностей у правого органа, как у левого, не имеется. Надпочечниковая вена входит не в центральную часть органа, как это свойственно другим млекопитающим, а в его каудо-латеральную поверхность. Относительно скелета надпочечники у выдры располагаются на уровне последнего грудного и 1-го поясничного позвонков. У речной выдры правый надпочечник бобовидной, а левый – конусовидной формы. Цвет надпочечников у выдр возрастных групп 1-2 и 3-4 года – розово-коричневый, а у особей 6-7 лет – бордовый; консистенция упругая.

Морфометрические показатели надпочечников выдр показывают, что правая железа крупнее левой. У выдр возрастной группы 3-4 года абсолютная масса правого и левого надпочечника выше в 2,5 раза ( $p < 0,001$ ) по сравнению с выдрами из возрастной группы 1-2 года. Кроме массы, длина правого органа выше в 1,22 раза, а левого – в 1,25 раза ( $p < 0,05$ ). Ширина и толщина правого и левого надпочечников выдры, обитающей в условиях белорусского сектора зоны отчуждения, увеличивается к 3-4 годам соответственно в 1,35 ( $p < 0,05$ ) и 1,6 раза ( $p < 0,01$ ). К 6-7 годам ростовые процессы органов продолжают в положительной динамике (в сравнении с предыдущей возрастной группой 3-4 года). Абсолютная масса правого и левого надпочечника выше в 1,3 раза и составляет соответственно  $0,77 \pm 0,12$  ( $p < 0,05$ ) и  $0,68 \pm 0,09$  г. В ранний геронтологический период (6-7 лет) линейные размеры правого и левого надпочечника продолжают увеличиваться по сравнению с предыдущей возрастной группой.

В неполовозрелом возрасте (1-2 года) у выдр удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках составляет  $0,55 \pm 0,12$  кБк/кг. У половозрелых животных (3-4 года) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в органе равна  $0,75 \pm 0,19$  кБк/кг, то есть достоверно увеличивается в 1,36 раза ( $p < 0,05$ ) по сравнению с предыдущей возрастной группой. У выдр 6-7 лет (взрослые, ранний геронтологический период) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках увеличивается в 2,65 раза ( $p < 0,001$ ) до  $1,99 \pm 0,25$  кБк/кг. По параметрам удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках установлено, что у речной выдры на протяжении всего постнатального онтогенеза (с 1 до 7 лет) в зоне высокого радиоактивного загрязнения показатель увеличивается в 3,62 раза.

**Таблица 1 – Морфометрические показатели правого (П) и левого (Л) надпочечника у выдры с разных зон обитания**

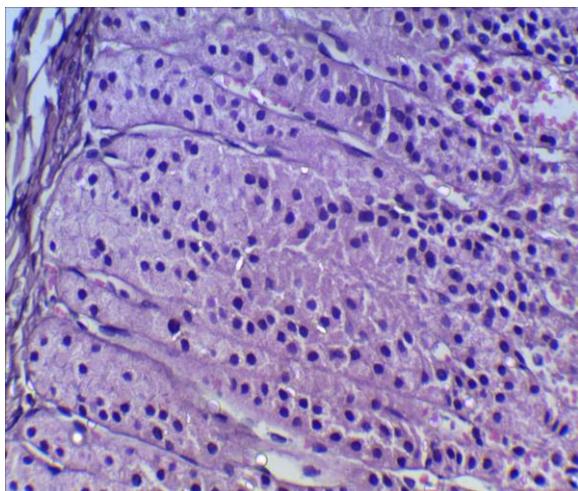
Показатели		Зоны обитания		
		1-2	3-4	6-7
Абсолютная масса, г	П	$0,26 \pm 0,08$	$0,60 \pm 0,14^{***}$	$0,77 \pm 0,12^*$
	Л	$0,22 \pm 0,04$	$0,55 \pm 0,10^{***}$	$0,68 \pm 0,09$
Длина, см	П	$1,39 \pm 0,02$	$1,69 \pm 0,09$	$1,75 \pm 0,06$
	Л	$1,31 \pm 0,04$	$1,64 \pm 0,05^*$	$1,69 \pm 0,04$
Ширина, см	П	$0,72 \pm 0,11$	$0,97 \pm 0,08^*$	$1,06 \pm 0,02$
	Л	$0,68 \pm 0,06$	$0,90 \pm 0,09$	$0,99 \pm 0,03$
Толщина, см	П	$0,45 \pm 0,04$	$0,68 \pm 0,02^{**}$	$0,73 \pm 0,01$
	Л	$0,42 \pm 0,04$	$0,67 \pm 0,02^{**}$	$0,71 \pm 0,04$
Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ , (кБк/кг)		$0,55 \pm 0,12$	$0,75 \pm 0,19^*$	$1,99 \pm 0,25^{***}$

Примечания: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; \* - по отношению к предыдущему возрастному периоду.

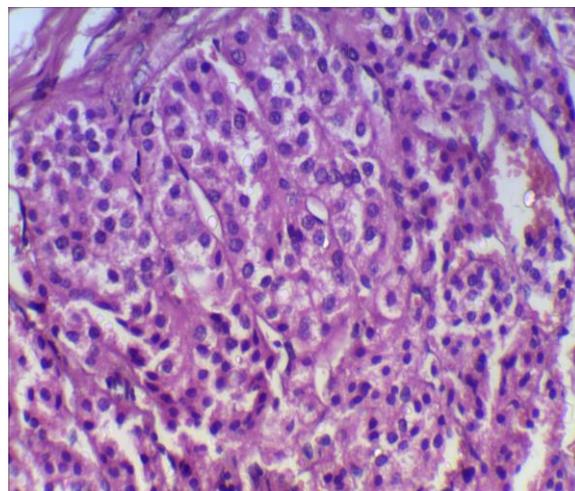
Выдра речная имеет надпочечники, окруженные сформированной соединительнотканной капсулой. Ее внешняя часть более однородна, в ней преобладают коллагеновые волокна и немногочисленные клетки рыхлой соединительной ткани. У молодых особей снаружи, между волокнами иногда обнаруживаются единичные жировые клетки – адипоциты, а у особей 3-4 и 6-7 лет образуют целый жировой слой (за счет которого увеличивается орган и его абсолютная масса). Через капсулу проходят многочисленные кровеносные сосуды и нервные волокна. За внешним слоем располагается основная масса капсулы, состоящая из рыхлых коллагеновых волокон, большого числа фибробластов, гладкомышечных клеток и слабо дифференцированных клеток мезодермального происхождения.

В корковом веществе паренхимы надпочечников выдры речной выявляются три зоны – клубочковая, пучковая и сетчатая. Клубочковая зона не имеет четко выраженного настоящего клубочкового строения. Она представлена своеобразной арочной зоной и состоит из вертикально расположенных тяжей клеток, иногда формирующих узкие пластинки. Клетки этой зоны разнообразной формы, часто вытянуты горизонтально. Ядра сферической формы располагаются в центре, иногда эксцентрично. В ядрах чаще всего видны одно ядрышко и мелкие глыбки хроматина. У молодых особей (1-2 года) в арочной зоне попадаются фигуры митоза. Цитоплазма клеток часто ажурная, что говорит о присутствии в ней липидов, однако количество их в разных клетках сильно варьирует. У

старых животных форма клеток неправильно округлая, цитоплазма слабо базофильна, вакуолизована, она узким ободком окружает ядро, которое имеет четкие границы, преимущественно овальную форму и содержит небольшие зерна гетерохроматина. Некоторые клетки находятся в состоянии митотического деления.



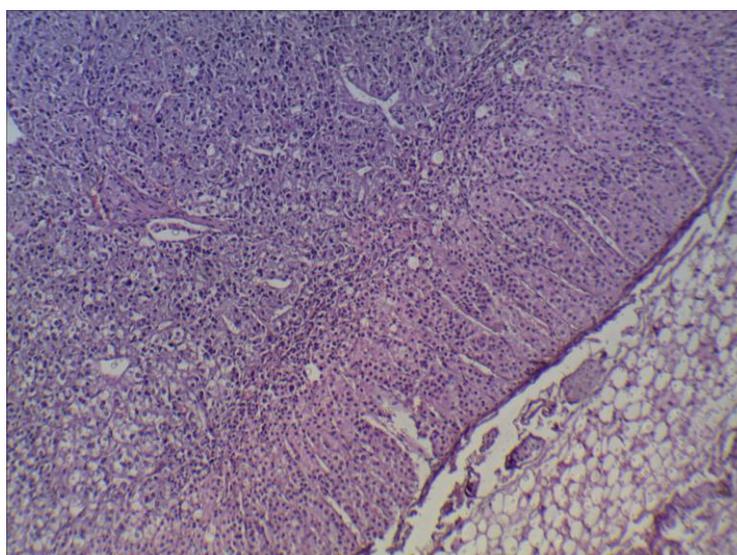
**Рисунок 1 – Клубочковая зона не имеет четко выраженного настоящего клубочкового строения и представлена своеобразной арочной зоной коркового вещества надпочечника. Возрастная группа 1-2 года (окраска гематоксилин-эозином, ×200)**



**Рисунок 2 – Строение клубочковой зоны коркового вещества надпочечника. Возрастная группа 3-4 года (окраска гематоксилин-эозином, ×200)**

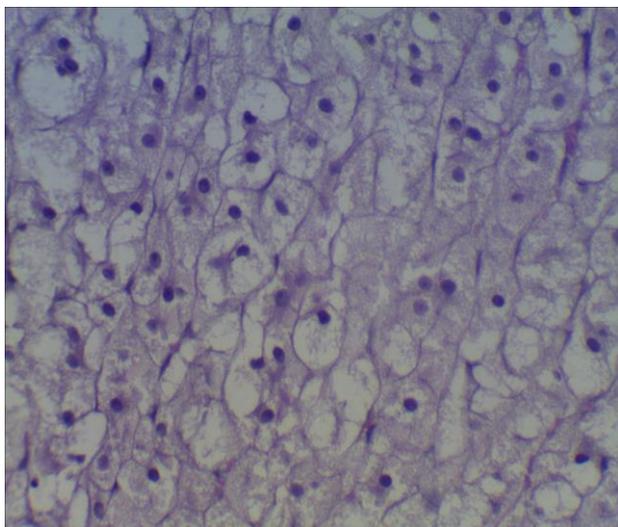
В коре надпочечника выдры выявляется хорошо сформированная пучковая зона, клетки которой имеют не всегда четкие границы. Пучковая зона построена из радиально направленных эпителиальных тяжей, между которыми залегают тонкие соединительнотканые прослойки и синусоидные капилляры. Клетки этой зоны – спонгициты, имеют крупные шаровидные ядра, которые лежат в центре, значительный объем цитоплазмы обильно вакуолизирован, крупные глыбки хроматина придают интенсивную окраску ядрам, в них просматриваются 1-3 ядрышка, отмечаются фигуры митоза. Во внутренней части пучковая зона переходит в сетчатую.

Внутреннюю часть коры представляет сетчатая зона, которая у выдр выражена отчетливо. Она сравнительно тонкая и представлена рядами клеток, расположенными беспорядочно, и в большей степени разделенных синусоидными капиллярами и редко – соединительной тканью. Клетки сетчатой зоны полигональной формы и имеют не всегда четкие границы, цитоплазма слегка пенная. Ядра клеток данной зоны имеют преимущественно неправильно округлую форму и четкие границы.

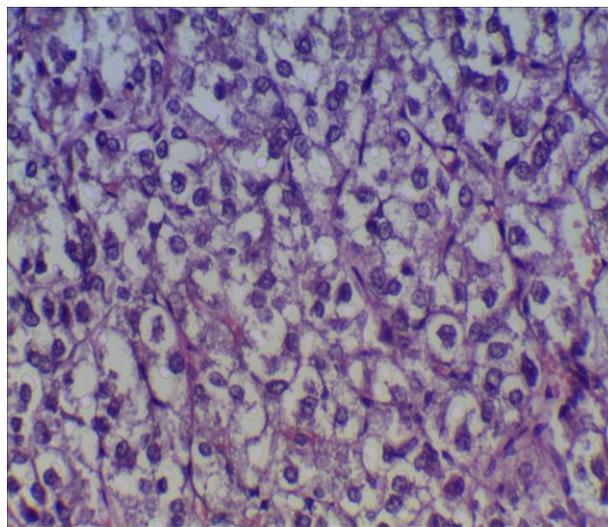


**Рисунок 3 – Структурная организация клубочковой и пучковой зон коркового вещества надпочечника. Возрастная группа 6-7 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×50)**

Все три зоны коркового вещества надпочечника у выдры речной содержат липидные включения. В центре железы располагаются клетки мозгового вещества (хромаффиноциты). У выдры речной хромаффиноциты медуллы крупные, границы не всегда ясные и ровные. Ядра мелкие, округлой формы. В некоторых ядрах заметен базофильный мелко распыленный гетерохроматин. Адреналиновые клетки (А-клетки) располагаются под корковым веществом в виде длинных тяжей, идущих в различных направлениях, а скопление норадреналиновых клеток (Н-клеток) локализуется между тяжами А-клеток и они в основном суданофобные.



**Рисунок 4 – Радиально направленные эпителиальные тяжи пучковой зоны коркового вещества надпочечника. Возрастная группа 3-4 года (окраска гематоксилин-эозином,  $\times 400$ )**



**Рисунок 5 – Структурная организация мозгового вещества надпочечника. Возрастная группа 3-4 года (окраска гематоксилин-эозином,  $\times 400$ )**

У молодых особей выдры (1-2 года) краевую часть мозгового вещества надпочечника занимают А-клетки, характеризующиеся четкими клеточными границами, призматической формой, ядра их чаще сдвинуты к апикальному концу клеток. Характерно расположение этих клеток в виде длинных тяжей, идущих в различных направлениях. Между клеточными тяжами проходят широкие венозные синусы. Центральную часть мозгового вещества надпочечника занимают Н-клетки, мелкие, с неясными границами, многоугольной формы; они более или менее компактным слоем располагаются вокруг центральной вены. Для ядер клеток медуллы характерны некоторые тинкториальные особенности. Они (при окраске гематоксилин-эозином) красятся слабее ядер корковых клеток; среди хромаффиноцитов много светлых ядер, содержащих визуально мало хроматина, и попадаются ядра крупной величины.

У половозрелых выдр (3-4 года) в надпочечнике граница между корковым и мозговым веществом неровная. Клетки коркового вещества в виде отдельных групп вдаются в мозговое вещество и нередко даже окружают центральную вену. В данной возрастной группе совершенно отчетливо выявляется топографическое распределение краевых А-клеток и центральных Н-клеток, что не исключает того, что в некоторых случаях тяжи А-клеток входят и в зону Н-клеток.

Мозговое вещество надпочечника у животных возрастной группы 6-7 лет в основном не отличается от рассмотренного выше у половозрелых особей. Надо все же отметить, что широкая зона А-клеток вдаётся лучами в центральную зону, а отдельные группы Н-клеток встречаются в краевой зоне.

В возрастной группе 1-2 года толщина клубочковой зоны коркового вещества составляет  $74,44 \pm 4,33$  мкм – это наибольший показатель из всех изучаемых периодов. В возрасте 3-4 лет толщина клубочковой зоны снижается в 1,35 раза ( $p < 0,05$ ) до  $55,01 \pm 3,12$  мкм. В возрастной группе 6-7 лет продолжается дальнейшее истончение клубочковой зоны на 40% ( $p < 0,01$ ).

Толщина пучковой зоны имеет положительную динамику, и с каждым возрастным периодом показатель увеличивается. У половозрелых выдр (3-4 года) толщина пучковой зоны составляет  $164,22 \pm 4,08$  мкм, что в 1,17 раз больше ( $p < 0,05$ ) по сравнению с предыдущим возрастным периодом. За весь срок исследования толщина пучковой зоны увеличивается незначительно – в 1,34 раза до  $188,01 \pm 4,19$  мкм.

**Таблица 2 – Морфометрические показатели коры и ее зон в надпочечнике у речной выдры в постнатальном онтогенезе**

Возрастная группа, г	Толщина коркового вещества, мкм	Толщина зон коркового вещества, мкм			Толщина мозгового вещества, мкм
1-2	244,60±6,11	74,44±4,33	140,05±3,55	30,11±2,42	140,35±3,55
3-4	256,27±6,72	55,01±3,12*	164,22±4,08*	37,04±2,54	105,15±2,91*
6-7	258,97±6,04	39,29±3,06**	188,01±4,19	31,67±2,03	77,34±2,56*

Примечания: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; \* - по отношению к предыдущему возрастному периоду.

Толщина сетчатой зоны с 1-го по 4-й год жизни увеличивается в 1,23 раза и составляет  $37,04 \pm 2,54$  мкм. В данной возрастной группе 3-4 года показатель является максимальным и к 6-7 годам снижается в 1,17 раза. Достоверных возрастных изменений толщины сетчатой зоны коры надпочечника у выдры нами не обнаружено.

Толщина всего коркового вещества надпочечника в возрастной группе 1-2 года составляет  $244,60 \pm 6,11$  мкм. За весь период исследований толщина коры увеличивается в 1,06 раза до  $258,97 \pm 6,04$  мкм.

Толщина коркового вещества надпочечника на протяжении всего постнатального онтогенеза превалирует над мозговым веществом.

В возрастной группе 1-2 года толщина мозгового вещества составляет  $140,35 \pm 3,55$  мкм – это наибольший показатель из всех изучаемых периодов. В возрасте 3-4 лет толщина медуллы снижается в 1,33 раза ( $p < 0,05$ ) до  $105,15 \pm 2,91$  мкм. В возрастной группе 6-7 лет продолжается дальнейшее истончение мозгового вещества на 35,96% ( $p < 0,05$ ).

**Заключение.** 1. У речной выдры правый и левый надпочечник располагается кранио-медиально на соответствующей почке. Выраженных индивидуальных и возрастных топографических закономерностей у правого органа, как у левого, не установлено. Относительно скелета надпочечники у выдры располагаются на уровне последнего грудного и 1-го поясничного позвонков. Правый надпочечник бобовидной, а левый – конусовидной формы. Цвет надпочечников у молодых особей – розово-коричневый, у старых – бордовый. Правая железа крупнее левой. К 6-7 годам ростовые процессы надпочечников продолжают в положительной динамике. По параметрам удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в надпочечниках установлено, что у речной выдры на протяжении всего постнатального онтогенеза (с 1 до 7 лет) в зоне высокого радиоактивного загрязнения показатель увеличивается в 3,62 раза до  $1,99 \pm 0,25$  кБк/кг. 2. К адапционным изменениям гистологических структур надпочечников у выдры можно отнести отсутствие четко выраженного настоящего клубочкового строения клубочковой зоны коры и приобретение на протяжении постнатального онтогенеза своеобразной арочной зоной (состоящей из вертикально расположенных тяжелой клеток), которая истончается к 6-7 годам на 40% ( $p < 0,01$ ) до  $39,29 \pm 3,06$  мкм. Толщина пучковой зоны имеет положительную динамику, и с каждым возрастным периодом показатель увеличивается до  $188,01 \pm 4,19$  мкм. Толщина всего коркового вещества надпочечника за весь период исследований увеличивается до  $258,97 \pm 6,04$  мкм и превалирует над мозговым веществом. У молодых особей выдры (1-2 года) краевую часть мозгового вещества надпочечника занимают А-клетки, а у половозрелых выдр (3-4 года) в надпочечнике граница между корковым и мозговым веществом неровная и отчетливо выявляется топографическое распределение краевых А-клеток и центральных Н-клеток. К 6-7 годам наблюдается истончение мозгового вещества на 35,96% ( $p < 0,05$ ) до  $77,34 \pm 2,56$  мкм. 3. Для объективизации установления причин изменения популяции или морфофизиологических особенностей выдры, экологически обусловленных патологией органов, целесообразно проводить комплексное морфологическое исследование надпочечников. Установленные нами адапционные изменения в железах выдры речной следует рассматривать при организации системы мониторинга диких животных на загрязненных территориях для процесса принятия экологических решений и прогнозирования изменений радиоэкологической ситуации на продолжительное время.

**Conclusion.** 1. In the river otter, the right and left adrenal glands are located cranio-medially on the corresponding kidney. Pronounced individual and age-related topographic patterns in the right organ, as in the left, have not been established. Relative to the skeleton, the adrenal glands of the otter are located at the level of the last thoracic and 1st lumbar vertebrae. The right adrenal gland is bean-shaped, and the left one is cone-shaped. The color of the adrenal glands in young individuals is pink-brown, in old ones it is burgundy. The right gland is larger than the left. By the age of 6-7 years, the growth processes of the adrenal glands continue in positive dynamics. Based on the parameters of the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  in the adrenal glands, it was established that in the river otter throughout the entire postnatal ontogenesis (from 1 to 7 years) in the zone of high radioactive contamination, the indicator increases by 3.62 times to  $1.99 \pm 0.25$  kBq/kg. 2. Adaptive changes in the histological structures of the adrenal glands in the otter include the absence of a clearly defined true glomerular structure of the glomerular zone of the cortex and the acquisi-

tion during postnatal ontogenesis of a peculiar arched zone (consisting of vertically located cords of cells), which thins by 40% by 6-7 years. ( $p < 0.01$ ) up to  $39.29 \pm 3.06 \mu\text{m}$ . The thickness of the fascicular zone has a positive trend and with each age period the indicator increases to  $188.01 \pm 4.19$  microns. The thickness of the entire adrenal cortex over the entire study period increases to  $258.97 \pm 6.04 \mu\text{m}$  and prevails over the medulla. In young otters (1-2 years), the marginal part of the adrenal medulla is occupied by A-cells, and in mature otters (3-4 years), in the adrenal gland the border between the cortical and medulla is uneven and the topographic distribution of the marginal A-cells and central ones is clearly visible N-cells. By 6-7 years, there is a thinning of the medulla by 35.96% ( $p < 0.05$ ) to  $77.34 \pm 2.56 \mu\text{m}$ . 3. To objectify the establishment of the causes of changes in the population or morphophysiological characteristics of the otter, environmentally determined by the pathology of the organs, it is advisable to conduct a comprehensive morphological study of the adrenal glands. The adaptive changes we have established in the glands of the river otter should be considered when organizing a monitoring system for wild animals in contaminated areas for the process of making environmental decisions and predicting changes in the radioecological situation for a long time.

**Список литературы.** 1. Бондарь, Ю. И. Вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в почве при прохождении пожаров на территории Белорусского сектора зоны отчуждения / Ю. И. Бондарь, В. И. Садчиков, В. Н. Калинин // Сахаровские чтения 2015 года : экологические проблемы XXI века : материалы 15-й Междунар. науч. конф., 21-22 мая 2015 г., г. Минск, Республика Беларусь / МГЭУ им. А.Д.Сахарова. – Минск, 2015. – С. 200. 2. Биологическое разнообразие животного мира Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М. Е. Никифоров [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ по биоресурсам, Полес. гос. радиац.-экол. заповедник. – Минск : Белорусская наука, 2022. – 407 с. 3. Олейников, А. Ю. Выдра (*lutra lutra L.*, 1758) в Ботчинском заповеднике / А. Ю. Олейников // Амурский зоологический журнал. – 2010. – №4. – С. 378-388. 4. Патологоанатомическое исследование животных : практическое пособие / А. И. Жуков [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2023. – 192 с. 5. Родиков, В. П. Распространение, численность и биология выдры в Белорусском Полесье : автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. П. Родиков ; Институт зоологии Академии наук БССР, Гомельский государственный университет. – Минск, 1982. – 18 с. 6. Сидорович, В. Е. Структура популяции выдры в Беларуси / В. Е. Сидорович // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1992. – Вып. 6. – С. 43-51. 7. Федотов, Д. Н. Эндокринная система животных, как тест-система в радиэкологическом мониторинге / Д. Н. Федотов, И. М. Луппова // Региональные проблемы экологии : пути решения : тезисы докладов III Международного экологического симпозиума (14-15 сентября 2006 г.) в городе Полоцке : в 2-х т. / Полоцкий государственный университет. – Полоцк, 2006. – Т. 2. – С. 196–197. 8. Федотов, Д. Н. Морфология адаптационных изменений в щитовидной железе выдры речной в условиях белорусского сектора зоны отчуждения / Д. Н. Федотов, М. П. Кучинский, И. С. Юрченко // Экология и животный мир. – 2021. – № 2. – С. 3-7. 9. Федотов, Д. Н. Формообразовательные процессы и морфологические изменения периферических эндокринных желез при адаптивно-приспособительных реакциях енотовидной собаки в зоне снятия антропогенной нагрузки и при действии радиоактивного загрязнения / Д. Н. Федотов, И. С. Юрченко // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – №1 (10). – С. 68–71. 10. Федотов, Д. Н. Частная гистология домашних животных : учебник для студентов по специальности «Ветеринарная медицина» / Д. Н. Федотов, Х. Б. Юнусов, Н. Б. Дилмуродов. – Ташкент : издательство «Fan ziyosi», 2023. – 288 с. 11. Fiadotau, D. N. Veterinary Histology : Textbook / D. N. Fiadotau, Kh. B. Yunusov. – Tashkent : Publishing house «Fan ziyosi», 2023. – 80 p.

**References.** 1. Bondar', Yu. I. Vertikal'noye raspredeleniye  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$  v pochve pri prokhozhenii pozharov na territorii Belorusskogo sektora zony otchuzhdeniya / YU. I. Bondar', V. I. Sadchikov, V. N. Kalinin // Sakharovskiy chteniya 2015 goda : ekologicheskiye problemy XXI veka : materialy 15-y Mezhdunar. nauch. konf., 21-22 maya 2015 g., g. Minsk, Respublika Belarus' / MGEU im. A.D.Sakharova. – Minsk, 2015. – S. 200. 2. Biologicheskoye raznoobrazie zhitovnogo mira Polesskogo gosudarstvennogo radiatsionno-ekologicheskogo zapovednika / M. Ye. Nikiforov [i dr.] ; Nats. akad. nauk Belarusi, NPTS po bioresursam, Poles. gos. radiats.-ekol. zapovednik. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2022. – 407 s. 3. Oleynikov, A. YU. Vydra (*lutra lutra L.*, 1758) v Botchinskoy zapovednike / A. YU. Oleynikov // Amurskiy zoologicheskiy zhurnal. – 2010. – №4. – S. 378-388. 4. Patologoanatomicheskoye issledovaniye zhitovnykh : prakticheskoye posobiye / A. I. Zhukov [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2023. – 192 s. 5. Rodikov, V. P. Rasprostraneniye, chislennost' i biologiya vydry v Belorusskom Poles'ye : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / V. P. Rodikov ; Institut zoologii Akademii nauk BSSR, Gomel'skiy gosudarstvennyy universitet. – Minsk, 1982. – 18 s. 6. Sidorovich, V. Ye. Struktura populyatsii vydry v Belarusi / V. Ye. Sidorovich // Byull. MOIP. Otd. biol. – 1992. – Vyp. 6. – S. 43-51. 7. Fedotov, D. N. Endokrinnaya sistema zhitovnykh, kak test-sistema v radioekologicheskoy monitoringe / D. N. Fedotov, I. M. Luppova // Regional'nyye problemy ekologii : puti resheniya : tezisy dokladov III Mezhdunarodnogo ekologicheskogo simpoziuma (14-15 sentyabrya 2006 g.) v gorode Polotske : v 2-kh t. / Polotskiy gosudarstvennyy universitet. – Polotsk, 2006. – T. 2. – S. 196–197. 8. Fedotov, D. N. Morfologiya adaptatsionnykh izmeneniy v shchitovidnoy zheleze vydry rechnoy v usloviyakh belorusskogo sektora zony otchuzhdeniya / D. N. Fedotov, M. P. Kuchinskiy, I. S. Yurchenko // Ekologiya i zhitovnyy mir. – 2021. – № 2. – S. 3-7. 9. Fedotov, D. N. Formoobrazovatel'nyye protsessy i morfologicheskiye izmeneniya perifericheskikh endokrinnnykh zhelez pri adaptivno-prisposobitel'nykh reaktivnykh yenotovidnoy sobaki v zone snyatiya antropogennoy nagruzki i pri deystvii radioaktivnogo zagryazneniya / D. N. Fedotov, I. S. Yurchenko // Veterinarnyy zhurnal Belarusi. – 2019. – №1 (10). – S. 68–71. 10. Fedotov, D. N. Chastnaya gistologiya domashnikh zhitovnykh : uchebnyk dlya studentov po spetsial'nosti «Veterinarnaya meditsina» / D. N. Fedotov, KH. B. Yunusov, N. B. Dilmurodov. – Tashkent : izdatel'stvo «Fan ziyosi», 2023. – 288 s. 11. Fiadotau, D. N. Veterinary Histology : Textbook / D. N. Fiadotau, Kh. B. Yunusov. – Tashkent : Publishing house «Fan ziyosi», 2023. – 80 p.

Поступила в редакцию 18.06.2024.

### ВЛИЯНИЕ ВАКЦИНАЦИИ ПОРОСЯТ ПРОТИВ КЛАССИЧЕСКОЙ ЧУМЫ И РОЖИ СВИНЕЙ НА ПРО- И АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС

Шахов А.Г. ORCID ID 0000-0002-6177-8858, Сашнина Л.Ю. ORCID ID 0000-0001-6477-6156,  
Востроилова Г.А. ORCID ID 0000-0002-2960-038X, Владимирова Ю.Ю. ORCID ID 0000-0001-8888-7264,  
Никоненко Г.В. ORCID ID 0000-0003-4983-7170, Шабанов Д.И. ORCID ID 0000-0002-1574-1317  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии  
и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты изучения влияния вакцинации поросят против классической чумы и рожи свиней на про- и антиоксидантный статус в условиях промышленного свиноводческого комплекса. Животных (n=25) прививали в возрасте 49 и 100 суток – против классической чумы свиней вакциной живой культуральной сухой (ФГБУ «ВНИИЗЖ») и в 60 и 85 дней против рожи вакциной из штамма ВР-2, сухой, живой (ФКП «Щелковский биокомбинат»). Кровь для биохимических исследований от клинически здоровых поросят вакцинированных и интактных брали в 55, 63, 90, 98, 105 и 117-дневном возрасте. Проведены исследования установлено, что иммунизация животных сопровождается дисбалансом про- и антиоксидантных процессов, проявляющимся увеличением содержания в крови токсического продукта - малонового диальдегида и недостаточной активностью ферментов антиоксидантной защиты - каталазы и глутатионпероксидазы, и повышением эндогенной интоксикации, о чем свидетельствует увеличение уровня среднемолекулярных пептидов. Под воздействием вакцинных антигенов у животных повышается содержание стабильных метаболитов оксида азота, что связано с увеличением у них показателей бактерицидной активности нейтрофильных лейкоцитов в тесте с нитросиним тетразолием, индекс стимуляции которых снижается. Полученные данные указывают на необходимость введения в схемы вакцинации животных антиоксидантных препаратов, снижающих интенсивность процессов перекисного окисления липидов, избыточное количество токсических продуктов которых оказывает угнетающее действие на молекулярную структуру гуморальных факторов иммунитета. **Ключевые слова:** поросята, вакцинация, про- и антиоксидантный статус.*

### EFFECT OF VACCINATION OF PIGLETS AGAINST CLASSICAL SWINE FEVER AND ERYSIPELAS ON PRO-ANTIOXIDANT STATUS

Shakhov A.G., Sashnina L.Yu., Vostroilova G.A., Vladimirova Yu.Yu., Nikonenko G.V., Shabanov D.I.  
FSBSI "All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology"  
and therapy", Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of a study on the effect of vaccination of piglets against classical swine fever and erysipelas on pro- and antioxidant status at an industrial pig breeding complex. The animals (n=25) at the age of 49 and 100 days were vaccinated against classical swine fever with a live culture dry vaccine (FSBI "ARRIAH") and at the age of 60 and 85 days – against erysipelas with a vaccine from the strain VR-2, dry, live (FSE "Shchelkovsky biocombinat"). Blood for biochemical studies was taken from clinically healthy vaccinated and intact piglets at the age of 55, 63, 90, 98, 105 and 117 days. The studies have established that immunization of animals is accompanied by an imbalance of pro- and antioxidant processes, manifested by an increase in the content of a toxic product (malondialdehyde) in the blood and insufficient activity of antioxidant enzymes (catalase and glutathione peroxidase), and an increase in endogenous intoxication, as evidenced by an increase in the level of medium molecular peptides. Under the effect of vaccine antigens in animals, the content of stable nitric oxide metabolites increases, which is associated with an increase in their bactericidal activity of neutrophil leukocytes in a test with nitroblue tetrazolium, the stimulation index of which decreases. The data obtained indicate the need to introduce antioxidant drugs into animal vaccination schemes that reduce the intensity of lipid peroxidation processes, the excessive amount of toxic products of which has a depressing effect on the molecular structure of humoral immunity factors. **Keywords:** piglets, vaccination, pro- and antioxidant status.*

**Введение.** Проводимые плановые вакцинации животных в промышленных свиноводческих хозяйствах против классической чумы и рожи свиней сопровождаются формированием специфического иммунитета, поддерживая эпизоотическое благополучие их по указанным инфекциям [1, 2]. При вакцинации взаимодействие макроорганизма и антигенов характеризуется не только изменениями со стороны иммунной системы, но и других органов и систем организма, принимающих участие в формировании иммунологической перестройки [3].

В осуществлении организмом защитно-приспособительных реакций и поддержании гомеостаза большое значение имеют интенсивность течения процессов перекисного окисления липидов и состояние системы антиоксидантной защиты [4].

В тесной связи с процессами перекисного окисления липидов находится оксид азота, играющий существенную роль в регуляции клеточного и тканевого метаболизма при различных патологи-

ческих состояниях, выступая в одних случаях в роли прооксиданта, в других – в качестве механизма эндогенной системы антиоксидантной защиты [5].

К системе перекисного окисления липидов прямое отношение имеет эндогенная интоксикация, которая в зоне воспаления стимулирует генерацию активных форм кислорода и способствует развитию окислительного стресса, универсальным биохимическим маркером которой являются среднемoleкулярные пептиды, а степени ее проявления – индекс эндогенной интоксикации [6].

Снижение антиоксидантной защиты, регистрируемое при воздействии различных стресс-факторов и повышенной антигенной нагрузке, сопровождается накоплением в организме токсических продуктов перекисаации, которые оказывают негативное влияние на процессы биосинтеза нуклеиновых кислот и белков, инактивируют большинство ферментов и изменяют структурно-функциональное состояние биомембран, тем самым, приводят к нарушению обмена веществ и угнетению клеточных и гуморальных звеньев иммунитета [7, 8].

В экспериментах на белых крысах установлено, что иммунизация их инактивированной вакциной против сальмонеллеза свиней сопровождается усилением процессов перекисного окисления липидов, снижением активности каталазы и увеличением продукции оксида азота на 30 сутки после введения биопрепарата [8].

**Цель исследований** – изучение влияния вакцинации поросят против классической чумы и рожи свиней на про- и антиоксидантный статус.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены в промышленном свиноводческом хозяйстве на 2 группах по 25 поросят. Животные первой (контрольная) группы были интактными, второй (опытная) - привиты в возрасте 49 и 100 суток – против классической чумы свиней вакциной живой культуральной сухой (ФГБУ «ВНИИЗЖ») и в 60 и 85 дней против рожи вакциной из штамма ВР-2, сухой, живой (ФКП «Щелковский биокомбинат»).

Опыт проводили в соответствии с требованиями действующих международных и российских законодательных актов (Директива 2010/63/EU от 22.09.2010, Европейской конвенции (ETS 123), Strasbourg, 1986), а также требований комиссии по биоэтике ФГБНУ «ВНИВИПФиТ» (протокол №1-02/23 от 10.02.2023 г.).

Отъем поросят от свиноматок и перевод на дорастивание проведены в возрасте 28 дней, на откорм - в 70 суток. Кормление и содержание животных соответствовали нормам, предусмотренным промышленной технологией.

Забор крови от клинически здоровых поросят (n=5) обеих групп для биохимических исследований проводили в 55, 63, 90, 98, 105 и 117-дневном возрасте. В крови определяли показатели перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты: содержание малонового диальдегида (МДА), концентрацию среднемoleкулярных пептидов (СМП) с последующим расчетом индекса эндогенной интоксикации (ИЭИ), активность каталазы и глутатионпероксидазы (ГПО), уровень стабильных метаболитов оксида азота (NO\*) в соответствии с «Методическим пособием» [9].

Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием прикладных компьютерных программ «Statistica 10.0» (Stat Soft Inc., США) и Microsoft Excel. Оценку достоверности определяли по критерию Стьюдента.

**Результаты исследований.** У поросят опытной группы на 6-й день после вакцинации против классической чумы свиней были выше, чем в контроле, содержание малонового диальдегида - на 24,3%, среднемoleкулярных пептидов - на 60,6% и индекс эндогенной интоксикации на - 53,8%, на фоне пониженной активности глутатионпероксидазы на 11,1% (таблица 1).

При этом у них уровень оксида азота превышал на 70,4% аналогичный показатель животных контрольной группы.

Через 14 дней после вакцинации у животных опытной группы установлено снижение концентрации малонового диальдегида на 19,5%, среднемoleкулярных пептидов - на 17,9% и индекса эндогенной интоксикации - на 18,9% при повышении активности каталазы на 13,7%, глутатионпероксидазы - на 7,1% и уровня стабильных метаболитов оксида азота - на 10,5%, что свидетельствует об ослаблении интенсивности процессов перекисаации липидов.

Наряду с этим у поросят опытной группы, по сравнению с контролем, было выше количество малонового диальдегида на 6,3%, среднемoleкулярных пептидов - на 35,9% и индекса эндогенной интоксикации - на 17,9%, что может быть обусловлено недостаточностью ферментного звена антиоксидантной защиты под влиянием свободных радикалов.

**Таблица 1 - Про- и антиоксидантный статус поросят при вакцинации против КЧС**

Показатели	Возраст (дни), группы			
	55		63	
	контрольная	опытная <sup>1</sup>	контрольная	опытная <sup>2</sup>
МДА, мкМ/л	1,36±0,08	1,69±0,09*	1,28±0,085	1,36±0,08*
Каталаза, мкМ H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /л*мин	56,4±0,78	54,0±1,43	57,1±3,32	61,4±4,10
ГПО, ВГ/л*мин	18,9±0,58	16,8±0,78*	19,3±1,76	18,0±1,88
Оксид азота, мкМ/л	37,5±0,89	63,9±0,73*	40,5±1,48	70,6±2,98*+
СМП, у. е.	0,66±0,068	1,06±0,11*	0,64±0,062	0,87±0,064*
ИЭИ, у. е.	16,0 ±0,58	24,6±0,90*	16,9±0,42	20,2±0,99*+

Примечания: \* -  $P < 0,05-0,001$  - по отношению к показателям поросят контрольной группы; + -  $P < 0,05-0,001$  - к показателям предыдущего периода; <sup>1</sup> - 6 дней после вакцинации, <sup>2</sup> - 14 дней после вакцинации.

У поросят опытной группы через 5 дней после повторного введения вакцины против рожи свиней увеличилось содержание малонового диальдегида на 59,6% и индекс эндогенной интоксикации на 17,3% и превышали показатели контроля на 55,0% и 41,1%. Уровень среднемолекулярных пептидов при незначительном увеличении был выше на 32,8% значения животных контрольной группы. Выявленные изменения свидетельствуют об активации у них процессов перекисного окисления липидов и высокой степени эндогенной интоксикации.

Активность ферментов системы антиоксидантной защиты каталазы и глутатионпероксидазы снизилась на 11,7 и 18,9% и была ниже, чем в контроле, на 5,4% и 13,6% соответственно, что, возможно, обусловлено первичным ингибирующим воздействием вакцинного антигена на ферментативное звено АОЗ с последующей инициацией процессов ПОЛ [10].

После вакцинации у поросят опытной группы отмечено снижение содержания стабильных метаболитов оксида азота на 15,2%, при этом его уровень превышал на 28,3% аналогичный показатель животных контрольной группы (таблица 2).

**Таблица 2 - Показатели про- и антиоксидантного статуса поросят при вакцинации против рожи свиней**

Показатели	Возраст (дни), группы			
	90		98	
	контрольная	опытная <sup>1</sup>	контрольная	опытная <sup>2</sup>
МДА, мкМ/л	1,40±0,25	2,17±0,11	1,23±0,01	1,37±0,023
Каталаза, мкМ H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /л*мин	57,3±1,424	54,2±1,204	58,3±0,98	64,3±1,01
ГПО, ВГ/л*мин	16,9±0,92*	14,6±0,79	15,22±0,95	18,5±1,241
Оксид азота, мкМ/л	46,7±2,51	59,9±0,98	43,2±0,87	70,2±2,03**
СМП, у.е.	0,61±0,07	0,81±0,06	0,57±0,02+	0,72±0,05
ИЭИ, у.е.	16,8±0,475	23,7±0,732	16,9±0,685	22,5±0,997

Примечания: \* -  $P < 0,05-0,001$  - по отношению к показателям поросят контрольной группы; + -  $P < 0,05-0,001$  - к показателям предыдущего периода; <sup>1</sup> - 5 дней после вакцинации, <sup>2</sup> - 13 дней после вакцинации.

Спустя 13 дней после введения вакцины против рожи свиней у поросят опытной группы происходило снижение по сравнению с предыдущим периодом содержания малонового диальдегида на 36,9%, среднемолекулярных пептидов на 11,1% и индекса эндогенной интоксикации на 5,1%, обусловленное изменением состояния ферментативного звена АОЗ. Так, у них установлено увеличение активности каталазы на 18,6%, глутатионпероксидазы - на 26,7% и содержания стабильных метаболитов оксида азота - на 17,2%. Несмотря на это, у них по сравнению с животными контрольной группы были выше количество малонового диальдегида на 11,4%, среднемолекулярных пептидов - на 26,3% и индекса эндогенной интоксикации - на 33,1%.

Таким образом, повышенные активность ферментов антиоксидантной защиты каталазы и глутатионпероксидазы на 10,3 и 21,6% и содержание стабильных метаболитов оксида азота на 62,5% не обеспечили снижение уровня перекисидации липидов и эндогенной интоксикации до значений интактных животных.

Через 5 суток после повторного введения вакцины против классической чумы свиней у поросят опытной группы по сравнению с предыдущим периодом существенно увеличилось содержание малонового диальдегида на 55,5%, среднемолекулярных пептидов - на 48,9% и индекс эндогенной интоксикации на 11,1%, превысив значения аналогичных показателей в контроле на 66,4%; 55,1 и 37,9% соответственно (таблица 3).

Выявленные активация процессов ПОЛ и увеличение уровня эндогенной интоксикации, по-видимому, обусловлены воздействием вакцинного антигена вируса классической чумы свиней. Из-

вестно, что антигенный прессинг является разновидностью так называемых «некогнитивных» стрессоров, где первичным афферентным звеном является иммунная система [11].

**Таблица 3 - Про- и антиоксидантный статус поросят при повторной вакцинации против КЧС**

Показатели	Возраст (дни), группа			
	105		117	
	контрольная	опытная <sup>1</sup>	контрольная	опытная <sup>2</sup>
МДА, мкМ/л	1,28±0,09	2,13±0,14*	1,31±0,03	1,84±0,07*
Каталаза, мкМ Н <sub>2</sub> О <sub>2</sub> /л*мин	56,9±2,13	58,2±1,70	60,9±1,31	65,7±1,32*
ГПО, ВГ/л*мин	12,3±1,26	16,3±0,98*	17,0±0,85*	16,4±0,43
Оксид азота, мкМ/л	37,7±1,06	75,7±3,1*	39,7±1,23	72,96±2,97*
СМП, у.е.	0,58±0,02	0,80±0,03*	0,59±0,05	0,67±0,02*
ИЭИ, у.е.	21,6±0,67	33,5±2,74*	18,6±0,87*	22,6±0,88*

Примечания: \* -  $P < 0,05-0,001$  - по отношению к показателям поросят контрольной группы; + -  $P < 0,05-0,001$  - к показателям предыдущего периода; <sup>1</sup> - 6 дней после вакцинации, <sup>2</sup> - 14 дней после вакцинации.

Антиоксидантный статус у них характеризовался снижением активности каталазы на 9,5% и глутатионпероксидазы на 11,9%, что обусловлено расходом ферментов звена антиоксидантной защиты вследствие активации процессов перекисного окисления липидов. При этом активность глутатионпероксидазы была выше 32,5% по сравнению с контролем.

При незначительном (на 7,8%) увеличении содержания стабильных метаболитов азота, их уровень превышал в 2,0 раза таковой животных контрольной группы.

По истечении 17 суток после вакцинации у поросят опытной группы уменьшились количество малонового диальдегида на 13,6%, среднемолекулярных пептидов - на 16,3% и индекс эндогенной интоксикации - на 32,5%, при этом они превышали аналогичные показатели контроля на 40,5%; 13,6 и 21,5%, что свидетельствует о недостаточном подавлении прогрессирующего накопления в крови продуктов ПОЛ.

При изучении состояния ферментативного звена АОЗ установлено увеличение активности каталазы на 12,9% по сравнению с предыдущим периодом и на 7,9% по отношению к показателю животных контрольной группы при неизменном уровне глутатионпероксидазы. Уровень оксида азота в этот период практически не изменился и был выше на 83,8% показателя контроля.

Отмеченное повышение у вакцинированных животных концентрации стабильных метаболитов оксида азота, значительная часть которых продуцируется нейтрофильными гранулоцитами во время кислородно-метаболического взрыва [13], согласуется с результатами изучения резервной функции кислородзависимых бактерицидных систем фагоцитов, свидетельствующими об увеличении активности нейтрофилов в спонтанном и стимулированном тесте с нитросиним тетразолием [14, 15].

В то же время исследованиями Хириной Н.П. и соавт. (2011) показано, что иммунизация белых аутбредных мышей-самцов вакциной туляремийной живой сухой сопровождается активацией системы оксида азота в организме и характеризуется повышенным содержанием метаболитов NO-нитритов и нитратов как после первичной, так и после повторной иммунизации к 14-му дню [16].

Следует отметить, что значительная активация процессов ПОЛ при вакцинации, возможно, обусловлена как избыточным образованием свободных радикалов в результате цитопатогенного действия вакцинных антигенов, так и развитием недостаточности ферментативного звена антиоксидантной системы под влиянием токсических продуктов перекисного окисления липидов.

**Заключение.** Таким образом, вакцинация поросят против классической чумы и рожи свиней сопровождается дисбалансом про- и антиоксидантных процессов, наиболее выраженным в ранние сроки после введения биопрепаратов и проявляющимся увеличением содержания в крови токсического продукта – малонового диальдегида и недостаточной активностью ферментативного звена антиоксидантной защиты – каталазы и глутатионпероксидазы, и повышением эндогенной интоксикации. Отмеченное у вакцинированных животных повышение по сравнению с интактными поросятами содержания стабильных метаболитов оксида азота обусловлено увеличением у них активности нейтрофильных лейкоцитов в тесте с нитросиним тетразолием.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о необходимости введения в схемы вакцинации животных средств, снижающих интенсивность процессов перекисного окисления липидов, избыточное количество токсических продуктов которых оказывает угнетающее действие на молекулярную структуру гуморальных факторов иммунитета.

**Conclusion.** Thus, vaccination of piglets against classical swine fever and erysipelas is accompanied by an imbalance of pro- and antioxidant processes, most pronounced in the early stages after the introduction of biological products and manifested by an increase in the content of a toxic product

(malondialdehyde) in the blood and insufficient activity of the enzymatic component of antioxidant protection (catalase and glutathione peroxidase) and increased endogenous intoxication. The increase in the content of stable nitric oxide metabolites observed in vaccinated animals, compared to intact piglets, is due to an increase in the activity of neutrophil leukocytes in the test with nitroblue tetrazolium.

The results of the studies indicate the need to introduce into animal vaccination schemes the agents that reduce the intensity of lipid peroxidation processes, the excess amount of toxic products of which has an inhibitory effect on the molecular structure of humoral immunity factors.

**Список литературы.** 1. Шевцов, А. Классическая чума свиней: перспективы искоренения / А. Шевцов // *Животноводство России*. – 2021. – №. 10. – С. 27-30. 2. Анализ рынка вакцин против рожи свиней в Российской Федерации / Р. Н. Мельник [и др.] // *Ветеринарный врач*. – 2022. – № 5. – С. 49-54. – DOI 10.33632/1998-698X\_2022\_5\_49. 3. Громов, И. Н. Использование морфологических исследований для оценки иммуногенных и реактогенных свойств противовирусных вакцин / И. Н. Громов, В. С. Прудников // VII-й Международный ветеринарный конгресс по птицеводству. - Москва, 2011. - С.83-85. 4. Молекулярно-биохимические механизмы стресса и адаптации / М.И. Рецкий [и др.] // *Эколого-адаптационная стратегия защиты здоровья и продуктивности животных в современных условиях*. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2001. – С. 29-85. 5. Роль оксида азота в процессах свободнорадикального окисления / А.Г. Соловьева [и др.] // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. – 2016. – No1(53). – С. 228-233. 6. Показатели эндогенной интоксикации и оксида азота при воспалительных процессах в репродуктивных органах свиноматок / Ю. Н. Бригадиров [и др.] // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. - 2018. - No 7. - С. 6-11. 7. Бузлама, В. С. Роль стрессовых дезадаптации в возникновении и развитии патологии / В. С. Бузлама, М. И. Рецкий // *Концепция эколого-адаптационной теории возникновения, развития массовой патологии и защиты здоровья животных в сельскохозяйственном производстве / Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии РАСХН*. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2000. – С. 24-31. 8. Антиоксидантный статус вакцинированных белых крыс против сальмонеллеза при хроническом воздействии Т-2 токсина и его коррекция аминокислотами / А. Г. Шахов [и др.] // *Российская сельскохозяйственная наука*. – 2017. – № 5. – С. 54-57. 9. Методические положения по изучению процессов свободнорадикального окисления и системы антиоксидантной защиты организма : методические указания / М. И. Рецкий [и др.]. - Воронеж: Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии, 2010. – 72 с. 10. Чеснокова, Н. П. Молекулярно-клеточные механизмы индукции свободнорадикального окисления в условиях патологии / Н. П. Чеснокова, Е. В. Понукалина, М. Н. Бизенкова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2006. – №. 6. – С. 21-26. 11. Влияние иммунизации на уровень молекулярных продуктов перекисного окисления липидов и карбонилирование белков в плазме крови и в иммунных органах у крыс с различной устойчивостью к гипоксии / М. В. Комелькова [и др.] // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2014. – Т. 14. – №. 1. – С. 69-72. 13. Нейтрофил как "многофункциональное устройство" иммунной системы / И. И. Долгушин [и др.] // *Инфекция и иммунитет*. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 9-38. – DOI 10.15789/2220-7619-2019-1-9-38. 14. Влияние вакцинации против цирковирусной инфекции на неспецифическую резистентность у поросят / А. Г. Шахов [и др.] // *Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины*. – 2023. – Т. 59, № 4. – С. 105-110. – DOI 10.52368/2078-0109-2023-59-4-105-110. 15. Состояние естественной резистентности у поросят при вакцинации против классической чумы и рожи свиней / А. Г. Шахов [и др.] // *Ветеринарный фармакологический вестник*. – 2023. – № 4(25). – С. 59-72. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2023.4.59. 16. Хирина, Н. П. Поствакцинальные изменения в системе оксида азота при иммунизации вакуиной туляреминой живой сухой / Н. П. Хирина, И. А. Васильева, А. В. Степанов // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 2011. – Т. 151. – №. 1. – С. 63-66.

**References.** 1. Shevcov, A. Klassicheskaya chuma svinej: perspektivy iskoreneniya / A. Shevcov // *Zhivotnovodstvo Rossii*. – 2021. – №. 10. – S. 27-30. 2. Analiz rynka vakcin protiv rozhi svinej v Rossijskoj Federacii / R. N. Mel'nik [i dr.] // *Veterinarnyj vrach*. – 2022. – № 5. – S. 49-54. – DOI 10.33632/1998-698X\_2022\_5\_49. 3. Gromov, I. N. Ispol'zovanie morfologicheskikh issledovanij dlya ocenki immunogennyh i reaktogennyh svojstv protivovirusnyh vakcin / I. N. Gromov, V. S. Prudnikov // VII-j Mezhdunarodnyj veterinarnyj kongress po pticevodstvu. - Moskva, 2011. - S.83-85. 4. Molekulyarno-biohimicheskie mekhanizmy stressa i adaptacii / M.I. Reckij [i dr.] // *Ekologo-adaptacionnaya strategiya zashchity zdorov'ya i produktivnosti zhivotnyh v sovremennyh usloviyah*. – Voronezh : Voronezhskij gosudarstvennyj universitet, 2001. – S. 29-85. 5. Rol' oksida azota v processah svobodnoradikal'nogo okisleniya / A.G. Solov'eva [i dr.] // *Vestnik Rossijskoj voenno-medicinskoj akademii*. – 2016. – No1(53). – S. 228-233. 6. Pokazateli endogennoj intoksikacii i oksida azota pri vospalitel'nyh processah v reproduktivnyh organah svinomatok / Yu. N. Brigadirov [i dr.] // *Veterinariya, zootekhnija i biotekhnologija*. - 2018. - No 7. - S. 6-11. 7. Buzlama, V. S. Rol' stressovyh dezadaptacii v vzniknovenii i razvitii patologii / V. S. Buzlama, M. I. Reckij // *Koncepcija ekologo-adaptacionnoj teorii vzniknoveniya, razvitiya massovoj patologii i zashchity zdorov'ya zhivotnyh v sel'skohozyajstvennom proizvodstve / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij veterinarnyj institut patologii, farmakologii i terapii RASHN*. – Moskva: Rossijskij nauchno-issledovatel'skij institut informacii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovanij po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2000. – S. 24-31. 8. Antioksidantnyj status vakcinirovannyh belyh krysov protiv sal'monelleza pri hronicheskom vozdejstvii T-2 toksina i ego korrekciya aminoseletonom / A. G. Shahov [i dr.] // *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*. – 2017. – № 5. – S. 54-57. 9. Metodicheskie polozheniya po izucheniyu processov svobodnoradikal'nogo okisleniya i sistemy antioksidantnoj zashchity organizma : metodicheskie ukazaniya / M. I. Reckij [i dr.]. - Voronezh: Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij veterinarnyj institut patologii, farmakologii i terapii Rossel'hozakademii, 2010. – 72 s. 10. Chesnokova, N. P. Molekulyarno-kletochnye

*mekhanizmy indukcii svobodnoradikal'nogo okisleniya v usloviyah patologii / N. P. Chesnokova, E. V. Ponukalina, M. N. Bizenkova // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2006. – №. 6. – S. 21-26. 11. Vliyanie immunizacii na uroven' molekulyarnyh produktov perekisnogo okisleniya lipidov i karbonilirovanie belkov v plazme krovi i v immunnyh organah u krys s razlichnoj ustojchivost'yu k gipoksii / M. V. Komel'kova [i dr.] // Chelovek. Sport. Medicina. – 2014. – T. 14. – №. 1. – S. 69-72. 13. Nejtrofil kak "mnogofunkcional'noe ustrojstvo" immunnoj sistemy / I. I. Dolgushin [i dr.] // Infekciya i immunitet. – 2019. – T. 9, № 1. – S. 9-38. – DOI 10.15789/2220-7619-2019-1-9-38. 14. Vliyanie vakcinacii protiv cirkovirusnoj infekcii na nespecificheskuyu rezistentnost' u porosyat / A. G. Shahov [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 2023. – T. 59, № 4. – S. 105-110. – DOI 10.52368/2078-0109-2023-59-4-105-110. 15. Sostoyanie estestvennoj rezistentnosti u porosyat pri vakcinacii protiv klassicheskoj chumy i rozhi svinej / A. G. Shahov [i dr.] // Veterinarnyj farmakologicheskij vestnik. – 2023. – № 4(25). – S. 59-72. – DOI 10.17238/issn2541-8203.2023.4.59. 16. Hirina, N. P. Postvakcinal'nye izmeneniya v sisteme oksida azota pri immunizacii vakcinoy tulyaremijnoj zhivoj suhoj / N. P. Hirina, I. A. Vasil'eva, A. V. Stepanov // Byulleten' eksperimental'noj biologii i mediciny. – 2011. – T. 151. – №. 1. – S. 63-66.*

Поступила в редакцию 08.07.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-80-84

УДК 619:616.98:579.842.11:636.2 (476)

### НАПРЯЖЕННОСТЬ КОЛОСТРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У ТЕЛЯТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АССОЦИИРОВАННОЙ ВАКЦИНЫ «РОТАКОР-К»

Яромчик Я.П. ORCID ID 0000-0003-2577-7468

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

*В статье приведены данные о содержании специфических антител в сыворотках крови коров, вакцинированных ассоциированной вакциной против ротавирусной, коронавирусной инфекции и колибактериоза крупного рогатого скота «Ротакор-К», а также в сыворотках крови новорожденных телят после выпойки молозива от вакцинированных коров. В качестве аналога использована ассоциированная вакцина против рота-, коронавирусной инфекции и колибактериоза телят «Ротагал». Вакцинация глубокоствольных коров указанными вакцинами привела к биосинтезу противовирусных антител в значениях от 4,0 log<sup>2</sup> до 6,2 log<sup>2</sup>, а противобактериальных – от 8,0 log<sup>2</sup> до 11,2 log<sup>2</sup>.*

*Выпойка новорожденным телятам молозива от вакцинированных коров привела к накоплению специфических антител в сыворотках крови молодняка против наиболее распространенных инфекционных болезней молодняка, которые определены в (log<sup>2</sup>) – от 4,6 до 10,2, что указывает на высокую иммуногенность примененных биопрепаратов. **Ключевые слова:** инфекционные энтериты, телята, антитела, серовариант, вакцина.*

### COLOSTRAL IMMUNITY STRESS IN CALVES WHEN USING THE ASSOCIATED VACCINE ROTACOR-K

Yaromchik Y.P.

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

*The article presents data on specific antibodies in the blood sera of cows vaccinated with the Rotacor-K associated vaccine against rotavirus, coronavirus infection and colibacillosis in cattle, as well as in the blood serum of newborn calves after suckling colostrum from vaccinated cows. As an analogue, the associated vaccine Rotagal against rota-, coronavirus infection and colibacillosis of calves was used. Vaccination of down calving cows with these vaccines led to the biosynthesis of antiviral antibodies in values from 4.0 log<sup>2</sup> to 6.2 log<sup>2</sup>, and antibacterial antibodies – from 8.0 log<sup>2</sup> to 11.2 log<sup>2</sup>.*

*Feeding colostrum from vaccinated cows to newborn calves led to the accumulation of specific antibodies in the calves' blood serum against the most infectious diseases of newborn, which were defined in values from 4.6 log<sup>2</sup> to 10.2 log<sup>2</sup>. These results indicate the high immunogenicity of the biological products used. **Keywords:** infectious enterites, calves, antibodies, serovar, vaccine.*

**Введение.** Инфекционные болезни молодняка крупного рогатого скота имеют широкое распространение и представляют собой очень важную социально-экономическую проблему для многих государств мира с развитым молочным и мясным скотоводством.

В профилактике инфекционных болезней молодняка крупного рогатого скота первостепенное значение имеет колостральная иммунитет. Новорожденные телята являются гнотобиотами – в их крови отсутствуют гаммаглобулины. Установлено, что к 120-190-му дню плоды могут вырабатывать антитела к патогенам вирусной природы. В случаях раннего внутриутробного заражения плода между 45-м и 175-м днями стельности у плода возникает явление иммунологической толерантности и молодняк при рождении становится персистентно инфицированным определенным вирусным агентом. Внутриутробное заражение отрицательно влияет на развитие плода и может привести к его ги-

бели или рождению слабого, маловесного молодняка с наличием признаков поражения слизистых оболочек. У таких телят длительное время не вырабатывается клеточно-опосредованный и гуморальный иммунитет, при этом они являются источником возбудителя инфекции [3].

В Республике Беларусь на животноводческих предприятиях повсеместно осуществляется активная специфическая профилактика факторных болезней у крупного рогатого скота. Своевременное поступление качественного молозива позволяет создать надежную иммунную защиту протяженностью в несколько месяцев [2, 3].

Количество собственных В-клеток у новорожденных телят достигает значения взрослых животных только к 6–8 недельному возрасту, что обуславливает длительное отсутствие собственного иммунного ответа на воздействие ряда патогенов. Выработка IgM начинается с 4–8-го дня, а содержание IgA и IgG в высоких значениях определяют только к 16–32 дню жизни. Соответственно, до этого возраста гуморальная защита молодняка обеспечивается в основном за счет пассивного иммунитета [1, 2, 3, 5].

При проведении специфической профилактики инфекционных болезней новорожденных телят следует уделять значительное внимание выбору вакцин, который должен проводиться с учетом имеющейся эпизоотической ситуации. При отсутствии необходимой информации в каждом конкретном хозяйстве следует использовать для вакцинации сухостойных коров вакцины, содержащие актуальный набор антигенов, которые чаще всего выделяют в диагностических учреждениях из патологоанатомического материала, присылаемого в ветеринарные лаборатории района и области [3, 8].

Залогом успешной иммунопрофилактики бактериальных болезней молодняка является использование вакцин, сконструированных на основе факторов патогенности возбудителей болезней. Одними из обоснованно востребованных в конструировании биопрепаратов факторов патогенности бактериальных клеток являются фимбрии (адгезивные антигены) – приспособления бактерий, которые выполняют функцию «прилипания» бактериальных клеток к клеткам тканей восприимчивого животного. Фимбрии позволяют бактериальным клеткам создавать колонии в местах прикрепления с дальнейшим продуцированием экзотоксинов, что приводит к появлению клинических признаков болезни [3, 5].

Вакцинные штаммы эшерихий, содержащие адгезивные антигены A20, K88 и 987P, отсутствуют в ряде большинства применяемых сегодня биофабричных зарубежных вакцин против эшерихиоза (колибактериоза) телят. При этом адгезивный антиген A20 (Att25) обнаруживают у выделяемых с наличием фимбрий эшерихий из патологического материала павших телят в 34,8% установленных диагнозов. В итоге профилактический эффект от широко применяемых сегодня противоэшерихиозных вакцин против колибактериоза зарубежного производства не приводит к ожидаемому результату [6].

Кроме определения показателей профилактической эффективности вакцин, применяемых против инфекционных болезней скота, полученные результаты подтверждают показателями интенсивности антителообразования у вакцинированного поголовья. Достоверность результатов серологических исследований зависит от обработки полученных значений с использованием статистических программ, в сравнении с показателями биосинтеза антител в группе контроля [1, 4, 7].

**Материалы и методы исследований.** Для установления показателей напряженности колострального иммунитета у телят, нами были выполнены серологические исследования сывороток крови приплода, получившего молозиво от коров, вакцинированных вакцинами «Ротакор-К» (ОАО «БелВитунифарм», Республика Беларусь) и импортным аналогом – вакциной «Ротагал» («INVESA», Испания). Испытания иммуногенности ассоциированных вакцин против рота- и коронавирусной инфекции и колибактериоза телят выполнены в условиях ведения животноводства в ОАО «Почапово» Пинского района Брестской области.

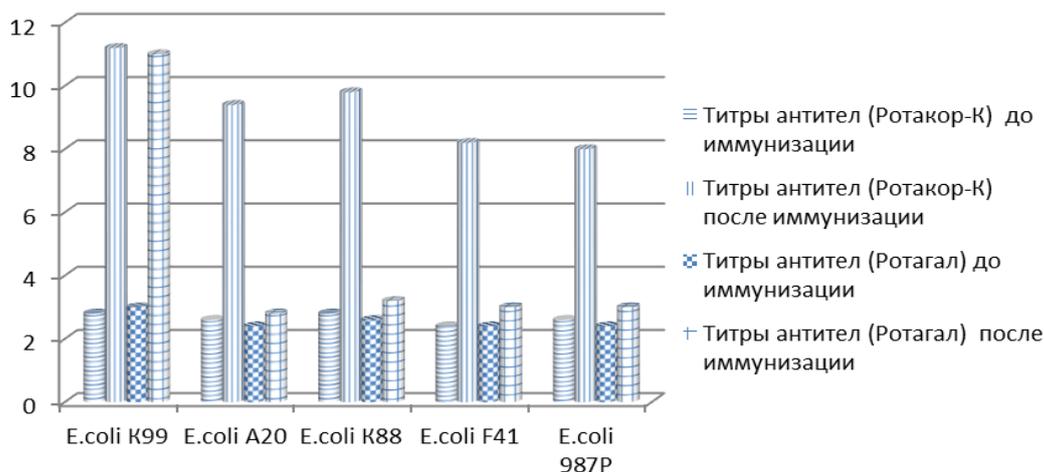
Из глубокостельных коров были сформированы опытная и контрольная группы по 50 голов в каждой. Для определения уровня содержания специфических антител были отобраны сыворотки крови до иммунизации и на 14-й день после вакцинации.

Для определения специфических антител у новорожденных телят, которым было выпоено молозиво от вакцинированных коров опытной и контрольной групп, отобраны сыворотки крови в первые сутки жизни. Серологические исследования проводили в РНГА и РА.

Для подтверждения уровня достоверности полученных результатов серологических исследований, полученные результаты были обработаны с использованием компьютерных программ Excel и Biom.

**Результаты исследований.** Вакцинация коров вакцинами против инфекционных болезней молодняка крупного рогатого скота приводила к достоверному увеличению содержания специфических антител в сыворотках крови иммунизированного скота.

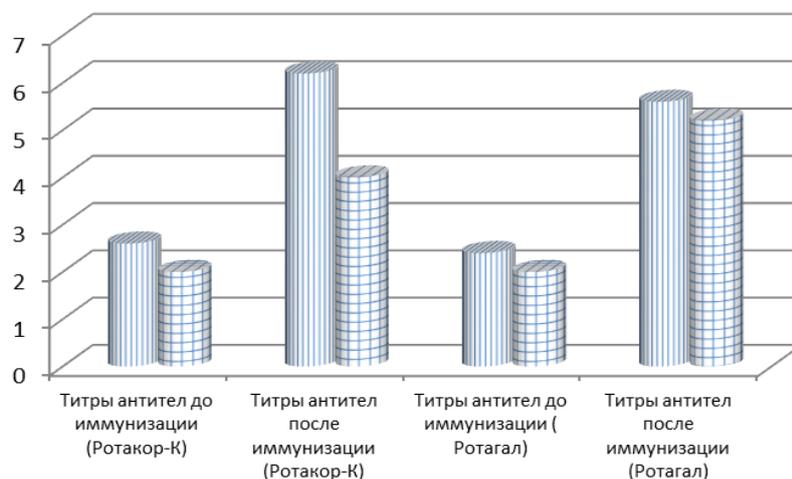
Результаты серологических исследований сывороток крови коров, иммунизированных ассоциированными вакцинами «Ротакор-К» и «Ротагал» на наличие противоэшерихиозных и противовирусных антител, отображены на рисунках №1 и №2.



**Рисунок 1 – Титры противоэшерихиозных антител ( $\log^2$ ) в сыворотках крови коров после введения вакцин «Ротакор-К» и «Ротагал»**

Определение титров противоэшерихиозных антител в сыворотках крови иммунизированных коров позволило значительным образом повысить уровень содержания специфических антител к наиболее распространенным адгезивным штаммам энтеропатогенных эшерихий. Так, после применения вакцины «Ротакор-К» установлен прирост титров антител для E.coli K88 и K99 – с  $2,8 \log^2$  до  $9,8 \log^2$  и  $11,2 \log^2$ , к E.coli A20 и 987P – с  $2,6 \log^2$  до  $9,4$  и  $8,0 \log^2$ , а к E.coli F41 – с  $2,4 \log^2$  до  $8,2 \log^2$  соответственно.

Использование для вакцинации вакцины «Ротагал» позволило получить прирост уровня антибактериальных антител к E.coli K99 с  $2,8 \log^2$  до значения  $11,0 \log^2$ . К остальным серовариантам исследуемых адгезивных штаммов эшерихий достоверных отличий от первоначальных показателей содержания до иммунизации не наступало.

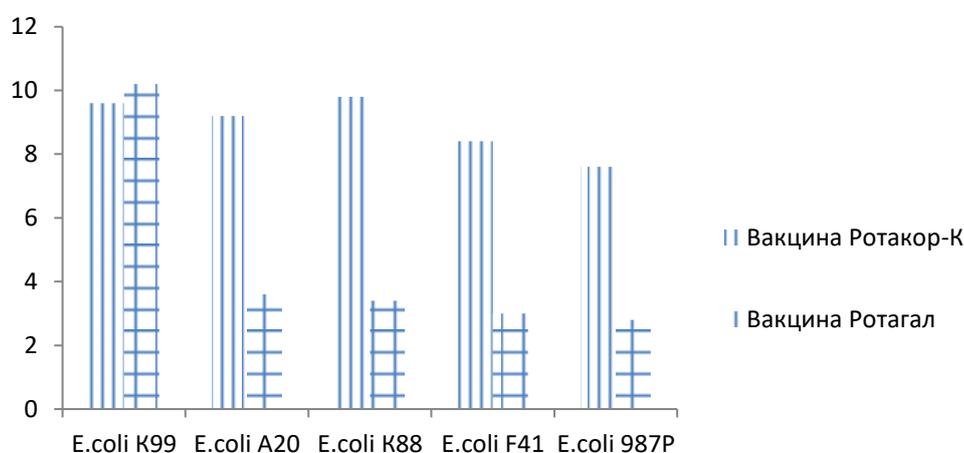


**Рисунок 2 – Титры противовирусных антител ( $\log^2$ ) в сыворотках крови коров после введения вакцин «Ротакор-К» и «Ротагал»**

Исходя из полученных данных серологических исследований, применение вакцины «Ротакор-К» привело к активному приросту антивирусных антител в организме иммунизированных коров до значений с  $2,6 \log^2$  до иммунизации, до показателя  $6,2 \log^2$  после вакцинации, а к коронавирусу титр поствакцинальных антител сформировался в значениях с  $2,0 \log^2$  до  $4,0 \log^2$ .

Высокий уровень специфических антител также определен у животных контрольной группы после применения биопрепарата-аналога. Так, содержание противоротавирусных антител в сыворотках крови коров определен в среднем с  $2,4 \log^2$  до иммунизации и до  $5,6 \log^2$  после вакцинации, а к возбудителю коронавирусной инфекции – с  $2,0 \log^2$  до  $5,2 \log^2$ .

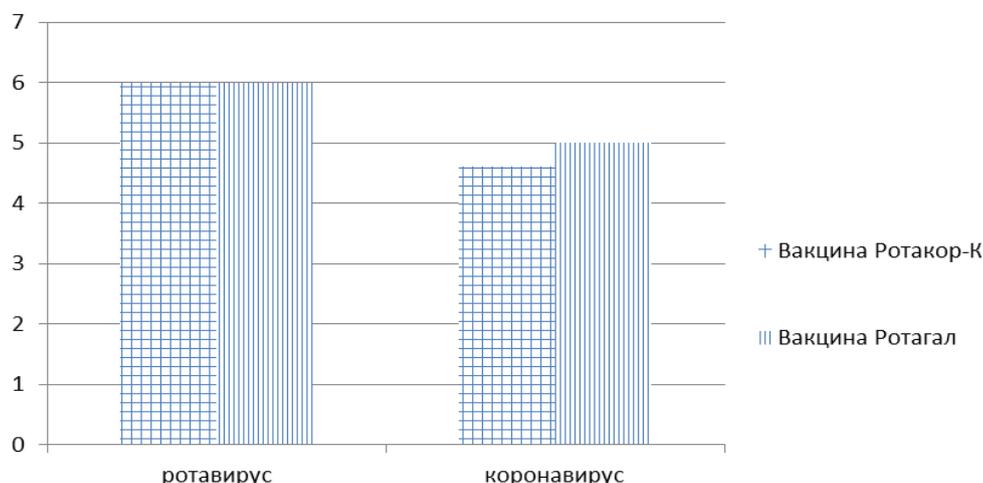
Результаты серологических исследований сывороток крови телят, которым выпоено молозиво от коров, вакцинированных ассоциированными вакцинами «Ротакор-К» и «Ротагал» на наличие противозерихиозных и противовирусных антител, отображены на рисунках №3 и №4.



**Рисунок 3 – Титры противобактериальных антител ( $\log^2$ ) у телят после выпойки молозива**

Исходя из рисунка 3, видно, что в сыворотках крови новорожденных телят, которым было выпоено молозиво от коров, вакцинированных биопрепаратом «Ротакор-К», содержание антител к адгезивным штаммам эшерихий A20, K99, K88, F41 и 987P определены в значениях:  $9,4 \log^2$ ,  $11,2 \log^2$ ,  $9,8 \log^2$ ,  $8,2 \log^2$ ,  $8,0 \log^2$  соответственно.

Использование импортного аналога привело к поступлению колостральных антител в сыворотках крови приплода к E.coli K99 до значения  $11,0 \log^2$ , а к E.coli A20, K88, F41 и 987P – в пределах от 2,8 до  $3,2 \log^2$ .



**Рисунок 4 – Титры противовирусных антител ( $\log^2$ ) у телят после выпойки молозива**

Уровень антител к рота- и коронавирусам крупного рогатого скота в сыворотках крови телят, которым выпоили молозиво коров, вакцинированных вакциной «Ротакор-К», установлен в значениях –  $6,2 \log^2$  и  $4,0 \log^2$  соответственно.

Содержание антивирусных антител в сыворотках крови телят, которым выпоили молозиво коров группы контроля, определено в значениях  $5,6 \log^2$  – к ротавирусам и  $5,2 \log^2$  – к коронавирусам.

**Заключение.** Применение ассоциированной вакцины против рота-, коронавирусной инфекции и колибактериоза телят «Ротакор-К» приводит к выраженному иммунному ответу у иммунизированных глубокопостельных коров, формируя накопление поствакцинальных противовирусных антител в значениях от  $4,0 \log^2$  до  $6,2 \log^2$ , а противобактериальных – от  $8,0 \log^2$  до  $11,2 \log^2$ , что по сопоставимым показателям не уступает производственному аналогу.

Результаты выполненных в сравнительном аспекте с биопрепаратом-аналогом серологических исследований показали, что ассоциированная вакцина «Ротакор-К» позволяет накопить в сыворотках

крови вакцинированных коров высокий уровень специфических антител, что позволяет создать у полученного приплода напряженный колостральный иммунитет против наиболее распространенных инфекционных энтеритов молодняка крупного рогатого скота.

**Conclusion.** The use of Rotacor-K the associated vaccine against rota-, coronavirus infection and colibacillosis in calves leads to a pronounced immune response in immunized pregnant cows, forming the accumulation of post-vaccination antiviral antibodies in values from  $4.0 \log^2$  to  $6.2 \log^2$ , and antibacterial antibodies – from  $8.0 \log^2$  to  $11.2 \log^2$ .

The results of serological tests carried out in a comparative aspect with an analogous biological product showed that the associated vaccine Rotacor-K allows you to accumulate a high level of specific antibodies in the blood serum of vaccinated cows, which promotes building-up stressed colostral immunity in the newborn calves against infectious enterites.

**Список литературы.** 1. Красочко, П. А. Колостральный иммунитет у телят, полученных от коров, иммунизированных против ротавирусной инфекции и эшерихиоза крупного рогатого скота / П. А. Красочко, Ю. В. Ломако, Я. П. Яромчик // Эпизоотология, иммунология, фармакология, санитария. – 2010. – Вып. 2. – С. 58–62. 2. Механизмы функционирования иммунной системы желудочно-кишечного тракта животных / В. В. Малашко [и др.] // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сборник научных трудов / Гродненский государственный аграрный университет. – Гродно : ГГАУ, 2017. – Т. 36. – С. 91-105. 3. Молодняк крупного рогатого скота : кормление, диагностика, лечение и профилактика болезней : монография / Н. И. Гавриченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2018. – 288 с. 4. Оценка иммунного ответа у коров, иммунизированных вакциной «Энтеровак-5» в условиях производства / П. А. Красочко [и др.] // Прикаспийский вестник ветеринарии. – 2023. – №4 (5). – С. 12-17. 5. Яромчик, Я. П. Профилактическая эффективность вакцины против вирусно-бактериальных энтеритов телят «Ротакор-К» / Я. П. Яромчик, П. А. Красочко, П. П. Красочко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сборник научных трудов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 25, ч. 2. – С. 216–222. 6. Соловьева, А. В. Факторы патогенности энтеротоксигенной *Escherichia coli* : (обзор) / А. В. Соловьева // Экология и животный мир. – 2018. – № 1. – С. 36–40. 7. Яромчик, Я. П. Содержание колостральных антител у телят при применении ассоциированной вакцины «Бактовир-6» / Я. П. Яромчик, Н. В. Саница // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2024. – Т. 60, Вып. 1. – С. 56–61. 8. Serotypes, intimin variants and other virulence factors of eae positive *Escherichia coli* strains isolated from healthy cattle in Switzerland. Identification of a new intimin variant gene (*eae-eta2*) / M. Blanco [et al.] // BMC Microbiol. – 2005. – Vol. 5. – P. 23.

**References.** 1. Krasochko, P. A. Kolostralnyj immunitet u telyat, poluchennyh ot korov, immunizirovannyh protiv rotavirusnoj infekcii i esherihioza krupnogo rogatogo skota / P. A. Krasochko, Yu. V. Lomako, Ya. P. Yaromchik // Epizootologiya, immunobiologiya, farmakologiya, sanitariya. – 2010. – Vyp. 2. – S. 58–62. 2. Mehanizmy funkcionirovaniya immunnoj sistemy zheludochno-kishechnogo trakta zhivotnyh / V. V. Malashko [i dr.] // Selskoe hozyajstvo – problemy i perspektivy : sbornik nauchnyh trudov / Grodnenskiy gosudarstvennyj agrarnyj universitet. – Grodno : GGAU, 2017. – T. 36. – S. 91-105. 3. Molodnyak krupnogo rogatogo skota : kormlenie, diagnostika, lechenie i profilaktika boleznej : monografiya / N. I. Gavrichenko [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2018. – 288 s. 4. Ocenka immunnogo otveta u korov, immunizirovannyh vakcinoj «Enterovak-5» v usloviyah proizvodstva / P. A. Krasochko [i dr.] // Prikaspijskiy vestnik veterinarii. – 2023. – №4 (5). – S. 12-17. 5. Yaromchik, Ya. P. Profilakticheskaya effektivnost vakciny protiv virusno-bakterialnyh enteritov telyat «Rotakor-K» / Ya. P. Yaromchik, P. A. Krasochko, P. P. Krasochko // Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva : sbornik nauchnyh trudov / Belorusskaya gosudarstvennaya selskohozyajstvennaya akademiya. – Gorki: BGSXA, 2022. – Vyp. 25, ch. 2. – S. 216–222. 6. Soloveva, A. V. Faktory patogennosti enterotoksigennoj *Escherichia coli* : (obzor) / A. V. Soloveva // Ekologiya i zhivotnyj mir. – 2018. – № 1. – S. 36–40. 7. Yaromchik, Ya. P. Soderzhanie kolostralnyh antitel u telyat pri primenenii associirovannoj vakciny «Baktovir-6» / Ya. P. Yaromchik, N. V. Sinica // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2024. – T. 60, Vyp. 1. – S. 56–61. 8. Serotypes, intimin variants and other virulence factors of eae positive *Escherichia coli* strains isolated from healthy cattle in Switzerland. Identification of a new intimin variant gene (*eae-eta2*) / M. Blanco [et al.] // BMC Microbiol. – 2005. – Vol. 5. – P. 23.

Поступила в редакцию 20.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-85-88

УДК 636.2.053.084

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ПРЕМИКСА ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ПЕРВУЮ ФАЗУ СУХОСТОЙНОГО ПЕРИОДА

\*Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X, \*\*Клундук Л.Ф., \*Подрез В.Н. ORCID ID 0000-0001-7527-2228,  
 \*\*Орехво Д.А., \*Горовенко М.В. ORCID ID 0000-0002-2426-9595,  
 \*Медведская Т.В. ORCID ID 0000-0002-4347-9889, \*Карпеня С.Л. ORCID ID 0000-0001-7690-9091, \*Гуйван В.В.  
 \*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
 г. Витебск, Республика Беларусь  
 \*\*ЗАО «Консул», г. Брест, Республика Беларусь

*В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в рационах стельных коров в первую фазу сухостойного периода премикса «МуМикс сухостой» в количестве 150 г на голову в сутки способствует повышению живой массой новорожденных телят на 4,0% и увеличению в молозиве массовой доли сухого вещества на 1,8 п.п., массы доли белка на – 1,5 п.п., содержания иммуноглобулинов на – 5,9%, массовой доли жира – на 0,12 п.п., массовой доли лактозы – на 0,05 п.п. и плотности – на 4,2%. **Ключевые слова:** премикс, витамины, микроэлементы, сухостойные коровы, новорожденные телята, качество молозива.*

### EFFICIENCY OF USING A NEW PREMIX FOR HIGH-YIELDING COWS IN THE FIRST PHASE OF THE DRY PERIOD

\*Karpenia M.M., \*\*Klunduk L.F., \*Podrez V.N., \*\*Orekhvo D.A., \*Gorovenko M.V.,  
 \*Medvedskaya T.V., \*Karpenia S.L., \*Guyvan V.V.  
 \*Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus  
 \*\*CJSC "Consul", Brest, Republic of Belarus

*As a result of scientific and economic experiment, it was found that the use in the diets of pregnant cows in the first phase of the dry period of the MuMix Sukhostoy premix in the amount of 150 g per head per day contributes to an increase in the live weight of newborn calves by 4.0% and an increase in the mass dry matter content of colostrum by 1.8 percentage points, mass protein content by 1.5 percentage points, immunoglobulin content by 5.9%, mass fat content – by 0.12 p.p., mass lactose content – by 0.05 p.p. and density – by 4.2%. **Keywords:** premix, vitamins, trace elements, dry cows, newborn calves, colostrum quality.*

**Введение.** Слагаемыми высокой доходности молочного скотоводства являются высокая молочная продуктивность животных, низкие затраты кормов и быстрая окупаемость выращивания коров. С увеличением генетического потенциала продуктивности молочного скота возрастает потребность в полноценном питании. Сбалансированное кормление крупного рогатого скота – главное условие его высокой продуктивности. Рацион коров, обогащенный витаминами, минеральными и питательными веществами, способствует увеличению надоев, повышению качества молока, снижению уровня заболеваемости животных. Поэтому для получения высокой отдачи очень важно уметь организовать полноценное кормление, правильно рассчитать порцию и своевременно вводить в нее новые компоненты [2, 5, 7].

Сбалансированное кормление коров в сухостойный период очень важно не только для оздоровления коровы, сохранения функций воспроизводства, но и для хорошего здоровья новорожденных телят. Погрешности в кормлении коров, нарушения обмена веществ неизбежно сказываются на характере развития плода, а впоследствии и на здоровье новорожденных телят и последующей продуктивности. Неполюценное кормление приводит к нарушениям обмена веществ и различным заболеваниям как у коровы, так и теленка. Доказано, что при неполноценном кормлении стельных сухостойных коров выход телят снижается на 20%, на 500 кг и более уменьшаются удои, и на 50% сокращается оплодотворяемость коров из-за нарушений полового цикла. Полноценное кормление обеспечивает получение качественного молозива с высоким содержанием иммуноглобулинов, витаминов [1, 6].

Кормление коров в период раннего сухостоя (1-я фаза) должно быть направлено на поддержание жизнедеятельности коровы, нормализацию обмена веществ и обеспечение правильного развития плода. Потребление сухого вещества должно составлять от 1,8 до 2,5% от массы коровы. В первую фазу сухостоя концентрация обменной энергии (КОЭ) в 1 кг сухого вещества рационов для коров с

плановым годовым удоем 7-10 тыс. кг молока должна составлять 9 МДж, а уровень сырого протеина в сухом веществе – 12-13% [3, 4].

Минеральные вещества и витамины в кормлении стельных сухостойных коров имеют особое значение. При их недостатке они извлекаются из костной ткани, что приводит к остеомаляции, остеопорозу, абортам. Чаще недостает фосфора, что влечет снижение усвоения протеина, каротина, нарушение функции воспроизводства [2, 6].

Для жвачных животных переваривание и использование питательных веществ корма определяется состоянием рубцового пищеварения. Оптимальная жизнедеятельность микрофлоры рубца, при прочих нормальных условиях, обеспечивается только в том случае, когда с кормами рациона поступает в организм достаточное количество минеральных элементов и в определенном соотношении. Многочисленные опыты убедительно показывают, что дополнительные затраты на приобретение кормовых добавок не только окупаются, но и обеспечивают получение дополнительной прибыли. Для удешевления кормовых добавок необходимо максимально использовать местные природные ресурсы [2, 8].

**Цель исследований** – установить эффективность использования нового премикса для высокопродуктивных коров в первую фазу сухостойного периода.

**Материалы и методы исследований.** Для достижения поставленной цели провели научно-хозяйственный опыт на коровах первой фазы сухостойного периода в условиях агрокомплекса «Возрождение» ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» Витебского района. По принципу аналогов сформировали 2 группы животных (контрольная и опытная) по 10 голов в каждой (таблица 1). Продолжительность опыта составила 40 дней.

**Таблица 1 – Схема опыта**

Группа	Количество коров в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
1-я (контрольная)	10	40	Основной рацион (ОР) : сено злаковое – 2 кг, солома – 2 кг, сенаж разнотравный – 26 кг, силос – 8 кг, комбикорм КК-61С – 1 кг
2-я (опытная)			ОР + премикс «МуМикс сухостой» 150 г на голову в сутки

Изучаемый премикс «МуМикс сухостой» производится ЗАО «Консул» в соответствии с ТУ ВУ 200534611.055-2023. По внешнему виду он представляет собой однородную смесь, по цвету соответствует используемому сырью, без постороннего запаха.

Состав биологически активных веществ премикса представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Содержание биологически активных веществ в премикс «МуМикс сухостой»**

Показатель	Ед. изм.	Содержание в 1 т
Витамин А	млн МЕ	600,000
Витамин D <sub>3</sub>	млн МЕ	100,000
Витамин Е	г	8 000,000
Медь	г	1 000,000
Цинк	г	1 800,000
Марганец	г	1 300,000
Кобальт	г	30,000
Йод	г	50,000
Селен	г	20,000
Кальций	%	4,584
Магний	%	5,000
Натрий	%	0,014
Фосфор	%	1,000
Сера	%	1,000

Эффективность применения премикса в кормлении коров в первую фазу сухостоя определена по живой массе новорожденных телят и качеству молозива, полученного в первые сутки после отела. Состав и свойства молозива коров оценивали после первого доения. Массовая доля жира в молозиве коров определена по ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира», массовая доля белка – по ГОСТ 25179-90 «Молоко. Методы определения белка», массовая

доля сухого вещества – на анализаторе качества молока «Лактан 1-4М исполнения 600 Ultra». Содержание иммуноглобулинов в молозиве коров рассчитано в зависимости от его плотности по специальной таблице (приложение 2, с. 62), приведенной в технологическом регламенте (2018 г.). Титруемая кислотность молозива определена методом титрования по ГОСТ 3624, плотность – с помощью колострометра (Kerbl), бактериальная обсемененность – по редуктазной пробе (с резарурином).

Цифровой материал, полученный в научно-хозяйственном опыте, обработан методом биометрической статистики. В работе принято следующее обозначение уровня достоверности \* –  $P < 0,05$ .

**Результаты исследований.** Применение в кормлении коров первой фазы сухостойного периода премикса «МуМикс сухостой» способствовало получению от них телят с большей живой массой при рождении (таблица 3). Так, телята, родившиеся от коров 2-й опытной группы, превосходили по живой массе молодняк, родившийся от коров 1-й контрольной группы, на 1,2 кг, или на 4,0%.

**Таблица 3 – Живая масса новорожденных телят**

Показатели	Группы	
	1-я контрольная	2-я опытная
Живая масса, кг	30,2±1,26	31,4±0,97
В % к контролю	100	104,0

Результаты исследований показали, что использование в рационах коров в первую фазу сухостойного периода премикса «МуМикс сухостой» оказало положительное влияние на качество молозива, полученного от них после отела (таблица 4).

**Таблица 4 – Химический состав молозива подопытных коров**

Группа	Массовая доля сухого вещества, %	Массовая доля белка, %	Содержание иммуноглобулинов (Ig), г/л	Массовая доля жира, %	Массовая доля лактозы, %
1-я контрольная	31,9±0,34	20,8±0,27	61,3±4,63	8,21±0,06	2,69±0,02
2-я опытная	33,7±0,39*	22,3±0,25*	64,9±3,85	8,33±0,03*	2,74±0,04

Массовая доля сухого вещества в молозиве коров 2-й опытной группы сразу после отела была на 1,8 п.п. выше ( $P < 0,05$ ), чем у аналогов 1-й контрольной группы. Массовая доля белка в молозиве коров 1-й контрольной группы была меньше по сравнению с животными 2-й опытной группы на 1,5 п.п. ( $P < 0,05$ ). Содержание иммуноглобулинов в молозиве коров 2-й опытной группы составило 64,9 г/л, что больше на 5,9% по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы. По массовой доле жира в молозиве животные 2-й опытной группы превосходили коров 1-й контрольной группы на 0,12 п.п. ( $P < 0,05$ ). Массовая доля лактозы в молозиве коров всех подопытных групп была без достоверных отличий. Но данный показатель у коров 2-й опытной групп был больше на 0,05 п.п., чем у животных 1-й контрольной группы.

Плотность молозива, полученного от коров 2-й опытной группы сразу после отела, была выше на 4,2%, чем молозива, полученного от аналогов 1-й контрольной группы (таблица 5). Титруемая кислотность и бактериальная обсемененность молозива первого удоя подопытных коров практически не отличалась.

**Таблица 5 – Качество молозива подопытных коров**

Группа	Плотность, °А	Титруемая кислотность, °Т	Бактериальная обсемененность, тыс. КОЕ/см <sup>3</sup>	Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы
1-я (контрольная)	61,2±1,28	52,1±1,36	до 300	не обнаружены
2-я (опытная)	63,8±1,41	52,4±1,14	до 300	не обнаружены

**Заключение.** Анализ результатов исследований показал, что использование в рационах стельных коров в первую фазу сухостойного периода премикса «МуМикс сухостой» в количестве 150 г на голову в сутки способствует повышению живой массой новорожденных телят на 4,0% и получению молозива более высокого качества, что выразилось в увеличении массовой доли сухого вещества на 1,8 п.п. ( $P < 0,05$ ), массовой доли белка – на 1,5 п.п. ( $P < 0,05$ ), содержания иммуноглобулинов – на 5,9%, массовой доли жира – на 0,12 п.п. ( $P < 0,05$ ), массовой доли лактозы – на 0,05 п.п. и плотности – на 4,2%.

**Conclusion.** Analysis of the findings showed that the use of the MuMix Sukhostoy premix in the diets of dry cows in the first phase of the dry period in the amount of 150 g per head per day contributes to

an increase in the live weight of newborn calves by 4.0% and the production of colostrum of higher quality, which resulted in an increase in the mass dry matter content by 1.8 percentage points. ( $P < 0.05$ ), mass protein content – 1.5 pp ( $P < 0.05$ ), content of immunoglobulins – 5.9%, mass content of fat – 0.12 p.p. ( $P < 0.05$ ), mass content of lactose – by 0.05 p.p. and density – by 4.2%.

**Список литературы.** 1. Анализ физиологического статуса стельных сухостойных коров при разных типах кормления / Л. Н. Логинова [и др.] // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2011. – № 4-1(72). – С. 39-42. 2. Ветеринарные и технологические аспекты повышения продуктивности и сохранности коров : монография / Н. И. Гаевиченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 332 с. 3. Малявко, И. В. Действие авансированного кормления сухостойных коров за 21 день до отела на воспроизводительные качества / И. В. Малявко // Зоотехния. – 2016. – № 5. – С. 9-11. 4. Организационно-технологические требования при производстве молока на молочных комплексах промышленного типа : утв. Постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 4 июня 2018 г., № 16. – 141 с. 5. Физиолого-биохимические и технологические аспекты кормления коров : монография / В. К. Пестис [и др.]. – Гродно : ГГАУ, 2020. – 426 с. 6. Получение высококачественной продукции в молочном скотоводстве : монография / Н. И. Гаевиченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 348 с. 7. Шляхтунов, В. И. Скотоводство : учебник / В. И. Шляхтунов, А. Г. Марусич. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 480 с. 8. Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз : монография / И. В. Брыло [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – 272 с.

**References.** 1. Analiz fiziologicheskogo statusa stel'nyh suhostojnyh korov pri raznyh tipah kormleniya / L. N. Loginova [i dr.] // Vestnik CHuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. I. YA. YAKovleva. – 2011. – № 4-1(72). – S. 39-42. 2. Veterinarnye i tekhnologicheskie aspekty povysheniya produktivnosti i sohrannosti korov: monografiya / N. I. Gavrichenko [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 332 s. 3. Malyavko, I. V. Dejstvie avansirovannogo kormleniya suhostojnyh korov za 21 den' do otela na vosproizvoditel'nye kachestva / I. V. Malyavko // Zootekhniya. – 2016. – № 5. – S. 9-11. 4. Organizacionno-tekhnologicheskie trebovaniya pri proizvodstve moloka na molochnyh kompleksah promyshlennogo tipa : utv. Postanovleniem Ministerstva sel'skogo hozyajstva i prodovol'stviya Respubliki Belarus', 4 iyunya 2018 g., № 16. – 141 s. 5. Fiziologo-biohimicheskie i tekhnologicheskie aspekty kormleniya korov : monografiya / V. K. Pestis [i dr.]. – Grodno : GGAU, 2020. – 426 s. 6. Poluchenie vysokokachestvennoj produkcii v molochnom skotovodstve : monografiya / N. I. Gavrichenko [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 348 s. 7. SHlyahhtunov, V. I. Skotovodstvo : uchebnyk / V. I. SHlyahhtunov, A. G. Marusich. – Minsk : IVC Minfina, 2017. – 480 s. 8. Effektivnost' ispol'zovaniya essencial'nyh mineral'nyh elementov i vitaminov v kormlenii krupnogo rogatogo skota i molochnyh koz : monografiya / I. V. Brylo [i dr.]. – Minsk : BGATU, 2023. – 272 s.

Поступила в редакцию 17.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-88-92

УДК 636.2.087.7

#### КОРМОВАЯ ДОБАВКА «МДК» В РАЦИОНАХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X, Лопатина Е.А.,

Подрез В.Н. ORCID ID 0000-0001-7527-2228, Карпеня С.Л. ORCID ID 0000-0001-7690-9091,

Шамич Ю.В. ORCID ID 0000-0001-7977-3804

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,

г. Витебск, Республика Беларусь

В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование кормовой добавки «МДК», созданной на основе живых дрожжей, в количестве 10 г на голову в сутки в рационе быков-производителей способствует улучшению биохимических показателей крови и повышению репродуктивной функции, что выразилось в увеличении в сыворотке крови общего белка на 8,2% ( $P < 0,05$ ), альбуминов – на 12,1% ( $P < 0,01$ ), глюкозы – на 1,8%, повышении объема эякулята на 4,5%, активности спермы – на 1,5%, концентрации сперматозоидов – на 6,9% и количества сперматозоидов в эякуляте – на 11,8%. **Ключевые слова:** живые дрожжи, быки-производители, общий белок, альбумины, глюкоза, объем эякулята, активность спермы, концентрация сперматозоидов, эякулят.

#### FEED ADDITIVE MDK IN THE DIETS OF SIRE BULLS

Karpenia M.M, Lopatina E.A., Podrez V.N., Karpenia S.L., Shamich Y.V.

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

As a result of scientific and economic experiment, it was found that the use of the MDK feed additive, created on the basis of live yeast, in the amount of 10 g per head per day in the diet of sire bulls improves blood biochemical parameters and increases reproductive function, which was expressed in an increase in the serum total protein by 8.2% ( $P < 0.05$ ), albumin – by 12.1% ( $P < 0.01$ ), glucose – by 1.8%, increase in ejaculate volume by 4.5%, sperm activity – by 1.5%, sperm concentration – by 6.9% and sperm count in ejaculate – by 11.8%. **Keywords:** live yeast, sire bulls, total protein, albumin, glucose, ejaculate volume, sperm activity, sperm concentration, ejaculate.

**Введение.** Племенное животноводство в Республике Беларусь является отраслью, обеспечивающей потенциал продовольственной безопасности и восприимчивой к инновациям. Оно необходимо для того, чтобы обеспечить процесс воспроизводства племенных животных в целях улучшения продуктивных качеств и разведения высокопродуктивных сельскохозяйственных животных, сохранения генофонда выдающихся животных, также малочисленных и исчезающих пород, полезных для Республики Беларусь. При этом приоритетным направлением является качество роста и повышение эффективности отрасли на основе развития собственной кормовой базы, разработки и внедрения инновационных технологий производства кормовых добавок, повышения обеспеченности ценными племенными животными и племенной продукцией лучшего качества. Наряду с соблюдением технологических регламентов это позволит максимально реализовать потенциал продуктивности животных и достичь наивысших параметров качества продукции как на племенных предприятиях, так и на предприятиях, занимающихся производством продукции животноводства [6, 7].

Известно, что качество спермы, получаемой от быков-производителей, не является строго постоянным, а изменяется в зависимости от количества поступающих питательных веществ в организм быка, режима использования, здоровья доноров спермы, породных особенностей и прочих факторов. Так, кормление и содержание являются ключевыми моментами, от которых зависят здоровье, воспроизводительные качества и продуктивность животных. В свою очередь, нарушения в питании сказываются на функции половой системы и продолжительности племенного использования быков-производителей [3]. Для кормления производителей необходимы корма лучшего качества, которые не содержат вредные для здоровья животных вещества и не влияют отрицательно на качество спермы. К сожалению, корма не всегда способны обеспечить в полной мере все биологические потребности животных. С учетом неблагоприятных погодных-климатических условий, производство высококачественных кормов из трав затрудняется [2, 5].

На современном рынке широко распространены различные компоненты для повышения питательной ценности и эффективности использования корма. К таким компонентам относятся дрожжи. В комбикорма, как правило, вводятся кормовые или гидролизные дрожжи, которые являются источником белка, незаменимых аминокислот и витаминов группы В. Однако клетки таких дрожжей уже закончили свой биологический цикл и представляют собой обычную белковую массу. Основоположником здоровья продуктивных животных является микрофлора желудочно-кишечного тракта. Микроорганизмы являются основными элементами в рубцовом пищеварении жвачных. Сложность и своеобразие микробиологических процессов в желудке жвачных оказывает решающее влияние на обеспеченность организма белком, аминокислотами и остальными питательными веществами [1].

В отличие от инактивированных, лиофилизированные дрожжи сохраняют способность к ферментации. «Живые» дрожжевые микроорганизмы выступают в роли биорегуляторов, угнетают рост патогенных бактерий, повышают иммунную защиту, способствуют лучшему усвоению питательных веществ кормов. Одним из преимуществ работы «живых» дрожжей является их функционирование как в рубце, так и в последующих отделах пищеварительной системы животного. За счет их функционирования осуществляется стимулирование роста полезной микрофлоры, целлюлозолитических бактерий, ускорение синтеза свободных жирных кислот, снижения содержания аммиака в рубце и оптимизации pH. Также после прихода в негодность дрожжи, как и микроорганизмы, могут перерабатываться в микробный белок, который восполняет потребность животного в нем. Как итог «живые» дрожжевые микроорганизмы способны оптимизировать процессы пищеварения, повысить продуктивность и сохранность поголовья [4, 8].

**Цель исследований** – определить эффективность использования кормовой добавки «MDK», созданной на основе живых дрожжей, в рационе быков-производителей.

**Материалы и методы исследований.** Экспериментальная часть работы выполнялась в РУП «Витебское племпредприятие» на молодых быках-производителях голштинской породы, средний возраст которых в начале опыта составил 25 месяцев. Сформировали 3 группы быков-производителей: одна контрольная и две опытные по 8 голов в каждой с учетом генотипа, возраста, живой массы, количества и качества спермы.

Схема исследований представлена в таблице 1.

**Таблица 1 – Схема исследования**

Группа	Количество быков в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления
1-я (контрольная)	8	90	Основной рацион (ОР): сено злаково-бобовое (5,0 кг), сенаж разнотравный (4,0 кг), комбикорм-концентрат КД-К-66С (3,7 кг)
2-я (опытная)	8		ОР + 5 г кормовой добавки «MDK» на голову в сутки
3-я (опытная)	8		ОР + 10 г кормовой добавки «MDK» на голову в сутки

Продолжительность учетного периода опыта составила 90 дней. Основной рацион (ОР) животных всех подопытных групп состоял из сена злаково-бобового (5,0 кг), сенажа разнотравного (4,0 кг), комбикорма-концентрата КД-К-66С (3,7 кг). Различия в кормлении быков заключались в том, что животным 2-й опытной группы дополнительно к основному рациону вводили кормовую добавку «МДК» в количестве 5 г на голову в сутки и быкам 3-й опытной группы – 10 г на голову в сутки. Скармливание добавки быкам осуществлялось утром. Выдача кормов производилась по установленным нормам три раза в день.

Кормовая добавка «МДК» является продуктом микробиологического синтеза, произведенным в ОАО «Дрожжевой комбинат» (г. Минск) в соответствии с техническими условиями ТУ ВУ 100104781.029-2023, зарегистрированными в БелГИСС 17.07.2023 г., № 068641. Она представляет собой сыпучий порошкообразный продукт с включением мелких кусочков, легко рассыпающихся при механическом воздействии, коричневого цвета с запахом, свойственным сухим дрожжам. Добавка не растворима в воде. Содержание лиофилизированной дрожжевой культуры *Saccharomyces boulardii* – не менее  $1,5 \times 10^{10}$  КОЕ/г – 100%. Химический состав кормовой добавки «МДК» представлен в таблице 2.

**Таблица 2 – Химический состав кормовой добавки «МДК»**

Наименование показателей, единицы измерения	ТНПА, устанавливающий метод испытания	Фактическое значение показателей
Массовая доля сухого вещества, %	-	92,8
Массовая доля общей влаги, %	ГОСТ 13496.3-92 П.2	7,2
Массовая доля в сухом веществе, %:		
Азота, %	ГОСТ 13496.4-93 п.2	6,54
Сырого протеина, %	ГОСТ 13496.4-93 п.2	40,88
Сырого жира, %	ГОСТ 13496.15-2016, п.9.1	0,67
Сырой клетчатки, %	ГОСТ 13496.2-91	0,3
Сырой золы, %	ГОСТ 26226-95 п.1.4	8,1

Отбор крови осуществляли с соблюдением правил асептики и антисептики из яремной вены в две стерильные пробирки через 2,5-3,0 ч после утреннего кормления у 4 быков-производителей из каждой группы в начале и в конце опыта. В одной из пробирок кровь стабилизировали трилоном Б (2,0-2,5 ед./мл), вторую использовали для получения сыворотки. Биохимические исследования проводили с помощью анализатора клеток MIDRAYBS-200.

Показатели спермы быков-производителей определяли в специализированной лаборатории РУП «Витебское племпредприятие» по ГОСТ 32277–2013 «Сперма. Методы испытаний физических свойств и биологического, биохимического, морфологического анализов», ГОСТ 23745–2014 «Сперма быков неразбавленная свежеполученная» и ГОСТ 26030–2015 «Сперма быков замороженная».

Цифровой материал обработан методом биометрической статистики. Рассчитывали среднюю арифметическую величину (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент вариации (Cv) с определением степени достоверности разницы между группами (td). В работе принято следующее обозначение уровня достоверности: \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ .

**Результаты исследований.** Применение кормовой добавки «МДК» оказало положительное воздействие на биохимические показатели крови быков-производителей (таблица 3).

**Таблица 3 – Биохимические показатели крови быков-производителей**

Показатели	Группа					
	1-я (контрольная)		2-я (опытная)		3-я (опытная)	
	период опыта					
	начало	конец	начало	конец	начало	конец
Общий белок, г/л	74,8± 3,04	76,5± 2,57	73,2± 2,69	80,2± 2,81	73,6± 3,11	82,8± 1,94*
Альбумины, %	37,1± 0,94	37,9± 1,03	36,4± 1,10	40,5± 0,89	35,9± 1,12	42,4± 1,27**
Глюкоза, ммоль/л	3,28± 0,32	3,36± 0,44	3,17± 0,41	3,40± 0,31	3,14± 0,29	3,42± 0,36

Так, количество общего белка в сыворотке крови у быков 2-й опытной группы было больше на 3,7 г/л, или на 4,8%, у животных 3-й опытной группы – на 6,3 г/л, или 8,2% ( $P < 0,05$ ), содержание альбуминов – соответственно на 2,6 г/л, или на 6,9% и 4,6 г/л, или на 12,1% ( $P < 0,01$ ) в сравнении с аналогами 1-й контрольной группы. По содержанию глюкозы в сыворотке крови быки 2-й и 3-й опыт-

ных групп превосходили сверстников 1-й контрольной группы соответственно на 0,04 ммоль/л, или 1,2% и 0,06 ммоль/л, или 1,8%.

Использование живых дрожжей в рационах быков-производителей стимулировало повышение показателей спермопродукции. Органолептическую оценку спермы проводили сразу после ее получения по внешнему виду, консистенции, цвету и запаху. Полученная сперма у быков всех подопытных групп была однородная, молочно-белая с желтоватым оттенком, вязкая в виде сливкообразной жидкости со специфическим запахом, без примеси крови, гноя и мочи. Органолептические показатели ее у быков-производителей всех подопытных групп на протяжении научно-хозяйственного опыта соответствовали нормативным требованиям.

Наибольший объем эякулята выявлен у быков 3-й опытной группы (таблица 4). Производители этой группы превосходили сверстников 1-й контрольной группы на 0,23 мл, или на 4,5%, производители 2-й опытной группы – на 0,19 мл, или на 3,7%.

**Таблица 4 – Показатели спермы быков-производителей (n=8)**

Группа	Показатели спермопродукции				
	объем эякулята, мл	активность спермы, баллов	концентрация сперматозоидов, млрд/мл	количество сперматозоидов в эякуляте, млрд	
Опытный период (90 дней)					
1-я (контрольная)	M±m	5,07±0,25	7,88±0,13	1,30±0,03	6,59±0,31
	Cv	14,5	4,56	8,2	17,4
2-я (опытная)	M±m	5,26±0,32	7,94±0,11	1,36 ±0,04	7,15±0,38
	Cv	16,3	3,93	10,9	14,2
3-я (опытная)	M±m	5,30±0,23	8,00±0,05	1,39±0,03*	7,37±0,24*
	Cv	12,9	2,32	9,5	10,3

По активности спермы быки 1-й контрольной группы уступали животным 3-й опытной группы на 1,5%. Концентрация сперматозоидов у производителей 3-й опытной группы составила 1,39±0,03 млрд/мл, что больше показателей сверстников 1-й контрольной группы на 0,09 млрд/мл, или на 6,9% (P<0,05), у производителей 2-й опытной группы – на 0,06 млрд/мл, или на 4,6%. По количеству сперматозоидов в эякуляте быки 3-й опытной группы превосходили аналогов 1-й контрольной группы на 0,78 млрд, или на 11,8% (P<0,05), животные 2-й опытной группы – на 0,56 млрд, или на 8,5%.

**Закключение.** 1. В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование кормовой добавки «MDK», содержащей живые дрожжи *Saccharomyces boulardii*, в количестве 10 г на голову в сутки в рационе быков-производителей способствует улучшению биохимических показателей крови, что выразилось в увеличении количества общего белка в сыворотке крови – на 8,2% (P<0,05), альбуминов – на 12,1% (P<0,01) и глюкозы – на 1,8%.

2. Применение кормовой добавки на основе живых дрожжей в кормлении быков-производителей в количестве 10 г на голову в сутки способствует повышению объема эякулята на 4,5%, активности спермы – на 1,5%, концентрации сперматозоидов – на 6,9% (P<0,05) и количества сперматозоидов в эякуляте – на 11,8% (P<0,05).

**Conclusion.** 1. As a result of scientific and economic experiment, it was found that the use of the MDK feed additive containing live *Saccharomyces boulardii* yeast in the amount of 10 g per head per day in the diet of bull producers improves blood biochemical parameters, which resulted in an increase in the amount of total protein in blood serum – by 8.2% (P < 0.05), albumin – by 12.1% (P<0.01) and glucose – by 1.8%.

2. Application of the feed additive based on live yeast in feeding sire bulls in the amount of 10 g per head per day promotes the increase of the ejaculate volume by 4.5%, sperm activity – by 1.5%, sperm concentration – by 6.9% (P<0.05) and sperm count in ejaculate – by 11.8% (P<0.05).

**Список литературы.** 1. Добавки кормовые «PRODUCTIV» и «MDK» в рационах крупного рогатого скота / А. И. Козинец [и др.]. – Жодино: РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», 2023. – 12 с. 2. Крупный рогатый скот: содержание, кормление, болезни: диагностика и лечение: учебное пособие для вузов / А. Ф. Кузнецов [и др.] – 4-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. – 752 с. 3. Карпеня, М. М. Оптимизация кормления племенных бычков и быков-производителей: монография / М. М. Карпеня. – Витебск, 2019. – 172 с. 4. Клиническая эффективность препаратов на основе пробиотических штаммов *Saccharomyces boulardii* / В. Н. Дроздов [и др.] // Медицинский совет. – 2020. – № 5. – С.104-112. 5. Натынчик, Т. М. Сравнительная эффективность использования в кормлении молодняка крупного рогатого скота живых и инактивированных пекарских дрожжей / Т. М. Натынчик, В. Ф. Радчиков // Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение: сборник научных трудов международной научно-

практической студенческой конференции. – Брянск : Изд-во Брянский ГАУ, 2020. – 315 с. 6. Роль сельского хозяйства в жизни человека / Н. А. Салаев [и др.] // Научный журнал *Ceteris Paribus*. – 2023. – № 1. – С. 51-53. 7. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник национальный статистический комитет Республики Беларусь : ред. И. В. Медведева [и др.]. – Минск : Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь, 2023. – 584 с. 8. Шашок, Д. Дрожжи – как кормовая добавка в кормлении животных и птиц / Д. Шашок // Молодежь и наука – взгляд в будущее : материалы 18 международной научно-практической конференции, Астана, 8-12 апреля 2022 г. / Агротех. ун-т им. С. Сейфуллина ; редкол.: С. В. Самаркин (гл. ред.) [и др.]. – Астана, 2022. – С. 191-193.

**References.** 1. *Dobavki kormovye «PRODUCTIV» i «MDK» v ratsionakh krupnogo rogatogo skota* / A. I. Kozinets [i dr.]. – Zhodino: RUP «Nauchno-prakticheskiy tsentr Natsionalnoy akademii nauk Belarusi po zhivotnovodstvu», 2023. – 12 s. 2. *Krupnyy rogatyy skot: sodержanie, kormlenie, bolezni: diagnostika i lechenie: uchebnoe posobie dlya vuzov* / A. F. Kuznetsov [i dr.] – 4-e izd., ster. – SPb. : Lan, 2021. – 752 s. 3. Karpenya, M. M. *Optimizatsiya kormleniya plemennykh bychkov i bykov-proizvoditeley: monografiya* / M. M. Karpenya. – Vitebsk, 2019. – 172 s. 4. *Klinicheskaya effektivnost preparatov na osnove probioticheskikh shtammov Saccharomyces boulardii* / V. N. Drozdov [i dr.] // *Meditsinskiy sovet*. – 2020. – №5. – S.104-112. 5. *Natynchik, T. M. Sravnitel'naya effektivnost ispolzovaniya v kormlenii molodnyaka krupnogo rogatogo skota zhivyykh i inaktivirovannykh pekarskikh drozhzhey* / T. M. Natynchik, V. F. Radchikov // *Problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva i ikh reshenie: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy studencheskoy konferentsii*. – Bryansk : Izd-vo Bryanskiy GAU, 2020. – 315 s. 6. *Rol selskogo khozyaystva v zhizni cheloveka* / N. A. Salaev [i dr.] // *Nauchnyy zhurnal Ceteris Paribus*. – 2023. – № 1. – С. 51-53. 7. *Selskoe khozyaystvo Respubliki Belarus: statisticheskiy sbornik natsionalnyy statisticheskiiy komitet Respubliki Belarus* : red. I. V. Medvedeva [i dr.]. – Minsk : Gosudarstvennyy komitet po imushchestvu Respubliki Belarus, 2023. – 584 s. 8. *Shashok, D. Drozhzhi – kak kormovaya dobavka v kormlenii zhivotnykh i ptits* / D. Shashok // *Molodezh i nauka – vzglyad v budushchee : materialy 18 mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Astana, 8-12 aprelya 2022 g. / *Agrotekh. un-t im. S. Seyfullina ; redkol.: S. V. Samarkin (gl. red.) [i dr.]*. – Astana, 2022. – S. 191-193.

Поступила в редакцию 17.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-92-97  
УДК 636.2.087.7

### **ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В СОСТАВ РАЦИОНА ПРОДУКТА ПЕПТИДНО-АМИНОКИСЛОТНОГО ХЕЛАТИРОВАННОГО «ПАД-3»**

**Крыцына А.В.**

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

*В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в рационе быков-производителей продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3» в количестве 3% от массы комбикорма способствует увеличению в крови гемоглобина на 5,6%, эритроцитов – на 10,1%, в сыворотке крови – повышению содержания общего белка на 13,4%, альбуминов – на 9,5, глюкозы – на 6,1, каротина – на 16,3, кальция – на 4,2, фосфора – на 3,3, цинка – на 16,1, меди – на 7,7, марганца – на 12,1 и кобальта – на 15,0% и снижению концентрации мочевины на 13,5%. **Ключевые слова:** быки-производители, продукт пептидно-аминокислотный хелатированный, морфологические показатели крови, биохимические показатели крови.*

### **DYNAMICS OF BLOOD MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS IN SIRE BULLS WITH THE PEPTIDE-AMINO ACID CHELATED PRODUCT PAD-3 INCLUDED IN THE DIET**

**Krytsyna A.V.**

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

*As a result of scientific and economic experiment, it was found that the use of the PAD-3 peptide-amino acid chelated in the diet of sire bulls in the amount of 3% by weight of compound feed contributes to an increase in hemoglobin in the blood by 5.6%, erythrocytes – by 10.1%, in blood serum, an increase in the total protein content – by 13.4%, albumin – by 9.5, glucose – by 6.1, carotene – by 16.3, calcium – by 4.2, phosphorus – by 3.3, zinc – by 16.1, copper – by 7.7, manganese – by 12.1 and cobalt – by 15.0%, and a decrease in the urea concentration by 13.5%. **Keywords:** sire bulls, peptide-amino acid chelated product, blood morphological parameters, blood biochemical parameters.*

**Введение.** Развитие молочного скотоводства в Республике Беларусь в большей степени зависит от уровня и качества кормления животных. Сбалансированность рационов крупного рогатого скота необходима не только для получения высокой продуктивности, но и как основа для сохранения и реализации генетического потенциала животных. В силу различных объективных и

субъективных причин на практике качество травяных кормов далеко не всегда соответствует нормативным требованиям, и животные недополучают необходимый уровень не только энергии, но и всех жизненно важных питательных, минеральных и биологически активных веществ [1, 6].

Генетическое улучшение популяции крупного рогатого скота зависит от отцов быков на 41–46%, матерей быков – на 24–33%. Следовательно, использование при искусственном осеменении ценных производителей способствует улучшению генетического потенциала и продуктивности маточного поголовья [4].

Для поддержания здоровья и высокой репродуктивной функции быков-производителей значительное место занимает сбалансированное протеиновое и витаминно-минеральное питание [4]. Современное протеиновое питание невозможно представить без рассмотрения роли отдельных аминокислот. Даже при общем положительном протеиновом балансе организм животного может испытывать недостаток протеина. Это связано с тем, что усвоение отдельных аминокислот взаимосвязано друг с другом, недостаток или избыток одной аминокислоты может приводить к недостатку другой. Часть аминокислот не синтезируется в организме животных. Они получили название незаменимых аминокислот. Таких аминокислот всего десять. Четыре из них являются критическими (лимитирующими) – они чаще всего ограничивают рост и развитие животных. Организм должен получать достаточное количество главной лимитирующей кислоты с кормом для того, чтобы и другие аминокислоты могли эффективно использоваться для синтеза белка [5, 6].

Минеральные вещества являются важными структурными компонентами костей и других тканей и служат важнейшими частями жидкостей организма. Также они играют важную роль в поддержании кислотно-щелочного баланса, осмотического давления, электрического потенциала мембраны клетки, передачи нервных импульсов и часто являются компонентами кофакторов для металлоэнзимов и гормонов эндокринной системы. В настоящее время биологическая активность микробогенных металлов и их широкое участие во всех важнейших метаболических реакциях, в клеточном химизме зависит от их хелатирующих свойств [10]. Хелатия используется для обозначения связей, образуемых ионом металла (минерал) и носителем лиганда (протеин или аминокислотный хелатообразующий агент). Некоторые аминокислоты и белковые пищевые продукты, например пептиды, являются идеальными лигандами, поскольку они имеют две функциональные группы (аминокислоты и гидроксил), которые могут образовывать кольцевую структуру с минералом [3, 9].

Особый интерес для использования в животноводстве представляют соединения металлов с аминокислотами. Известно, что при образовании таких соединений наблюдаются изменения их химических и биологических свойств, причем ионы металлов в сочетании с аминокислотами становятся менее токсичными и могут катализировать различные биохимические процессы [2, 7, 10].

В настоящее время в кормлении животных применяется огромное разнообразие аминокислотных добавок и органических форм микроэлементов. Большинство из них адаптированы для свиноводства, птицеводства и в меньшей степени для молочного скотоводства.

**Цель исследований** – определить динамику морфологических и биохимических показателей крови быков-производителей при включении в состав рациона продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3».

**Материалы и методы исследований.** Для решения поставленной цели проведен научно-хозяйственный опыт на быках-производителях в РУП «Витебское племпредприятие». В опыте по принципу пар-аналогов сформировали 4 группы быков-производителей: одна контрольная и три опытные по 8 голов в каждой с учетом генотипа, возраста, живой массы и качества спермопродукции (таблица 1). Подготовительный период перед учетным периодом длился 15 дней.

**Таблица 1 – Схема опыта**

Группа	Кол-во быков в группе	Продолжительность опыта, дней	Условия кормления быков-производителей
1-я (контрольная)	8	90	Основной рацион (ОР): сено клеверо-тимофеечное, сенаж разнотравный, комбикорм КД-К-66С
2-я (опытная)	8		ОР + 1% продукта пептидно-аминокислотного хелатированного ПАД-3 от массы комбикорма
3-я (опытная)	8		ОР + 2% продукта пептидно-аминокислотного хелатированного ПАД-3 от массы комбикорма
4-я (опытная)	8		ОР + 3% продукта пептидно-аминокислотного хелатированного ПАД-3 от массы комбикорма

Рацион быков-производителей (при средней нагрузке) установлен по фактически съеденным кормам в среднем за период опыта. Подопытные быки-производители в составе рациона получали сено клеверо-тимофеечное 6,5 кг, сенаж разнотравный – 5,0 кг и комбикорм-концентрат КД-К-66С – 4,2 кг. Для повышения полноценности и сбалансированности кормления животных в рационы вводили сухое молоко, сахар и подсолнечное масло. Различия в кормлении быков-производителей заключались в том, что животные 2-й, 3-й и 4-й опытных групп в составе рациона получали продукт пептидно-аминокислотный хелатированный ПАД-3 в количестве 1%, 2 и 3% от массы комбикорма-концентрата.

Химический состав и свойства продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3» приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Химический состав и свойства продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3»**

Наименование показателя	Норма	Фактическое содержание
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,0–1,1	1,04
Водородный показатель (рН), ед.	4,0–9,0	6,8
Сырой протеин, %, не менее	4,0	4,2
Аминный азот, %, не менее	0,3	0,5
Массовая доля пептонов, %, не менее	2,0	9,8
Витамин А, млн МЕ/т	900–1300	1020
Витамин Е, г/т	600–750	650
Медь, г/т	250–350	300
Цинк, г/т	2000–3000	2500
Марганец, г/т	180–250	250
Кобальт, г/т	80–120	90,0
Йод, г/т	9,0–13,0	10,0
Селен, г/т	10–20	15,0

Продукт пептидно-аминокислотный хелатированный ПАД-3 разработан совместно с учреждением Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» и производится в соответствии с техническими условиями ТУ ВУ100050710.217-2021 «Продукты пептидно-аминокислотные хелатированные ПАД-2, ПАД-3» [8]. Он представляет собой жидкость с осадком дебриса дрожжей от молочно-коричневого до коричневого цвета, полученную путем гидролиза суспензии пивных дрожжей ферментами автолизата дрожжей и субтилизином с последующей консервацией, пастеризацией раствора и введением минералов и витаминов.

Кровь брали с соблюдением правил асептики и антисептики из яремной вены в две стерильные пробирки через 2,5–3,0 ч после утреннего кормления у 4 быков-производителей из каждой группы в начале и в конце опыта. В одной из пробирок кровь стабилизировали трилоном Б (2,0–2,5 ед./мл), вторую использовали для получения сыворотки. Морфологические показатели крови быков-производителей определяли на анализаторе клеток МЕК-6450К. Биохимические исследования проводили с помощью анализатора клеток MIDRAY BS-200. Микроэлементы в сыворотке крови подопытных животных определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре МГА-1000.

Цифровой материал, полученный в научно-хозяйственном опыте, обработан методом биометрической статистики.

**Результаты исследований.** Включение в рацион подопытных быков-производителей продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3» способствовало улучшению некоторых морфологических и биохимических показателей крови. В начале опыта показатели крови у подопытных животных всех групп находились практически на одинаковом уровне и не выходили за физиологические нормативы (таблица 3).

**Таблица 3 – Морфологические и биохимические показатели крови быков-производителей, M±m (n=4)**

Показатели	Группа							
	1-я контрольная		2-я опытная		3-я опытная		4-я опытная	
	период опыта							
	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец
Гемоглобин, г/л	92,7± 4,29	91,4± 3,73	93,5± 5,17	94,8± 4,71	94,1± 3,68	98,7± 4,16	93,4± 3,77	96,5± 4,21
Эритроциты, 10 <sup>12</sup> /л	6,29± 0,42	6,34± 0,57	6,18± 0,61	6,41± 0,39	6,32± 0,44	6,83 ± 0,47	6,22± 0,57	6,98± 0,38
Лейкоциты, 10 <sup>9</sup> /л	9,2± 0,54	9,6± 0,41	9,3± 0,36	9,1± 0,52	9,5± 0,60	9,0± 0,33	9,3± 0,48	9,1± 0,36
Общий белок, г/л	74,8± 2,29	75,2± 2,34	73,9± 3,01	78,3± 2,37	75,1± 2,87	84,2± 2,41**	74,2± 2,82	85,3± 2,49**
Альбумины, %	40,8± 1,69	41,1± 1,40	39,9± 1,56	42,9± 1,37	40,2± 1,26	44,6± 1,09*	39,7± 1,48	45,1± 1,04*
Глюкоза, ммоль/л	3,3± 0,18	3,3± 0,17	3,2± 0,21	3,3± 0,14	3,1± 0,18	3,5± 0,12	3,2± 0,19	3,5± 0,15
Мочевина, ммоль/л	5,1± 0,27	5,2± 0,32	4,9 ± 0,24	4,7± 0,39	5,0± 0,53	4,6± 0,42	4,9± 0,28	4,5± 0,31
Каротин, мкмоль/л	4,8± 0,37	4,9± 0,31	4,9± 0,29	5,2± 0,23	4,8± 0,25	5,5± 0,22	5,0± 0,42	5,7± 0,19*

В конце опыта производители 3-й группы превосходили аналогов 1-й контрольной группы по уровню гемоглобина в крови на 7,3 г/л, или на 8,0%, быки 4-й группы – на 5,1 г/л, или на 5,6% и производители 2-й группы – на 3,4 г/л, или на 3,7%. В конце опыта содержание эритроцитов в крови у животных 4-й группы было выше на 10,1%, у животных 3-й группы – на 7,7% и у производителей 2-й группы – на 1,1% по сравнению со сверстниками 1-й контрольной группы. Содержание лейкоцитов в крови быков опытных групп имело тенденцию к снижению на 5,2-6,3% по отношению к контролю.

В сыворотке крови у быков 4-й группы выявлено большее содержание общего белка на 10,1 г/л, или на 13,4% ( $P<0,01$ ) и альбуминов – на 9,5% ( $P<0,05$ ), у животных 3-й группы соответственно – на 9,0 г/л, или на 12,0% ( $P<0,01$ ) и на 8,5% ( $P<0,05$ ), у сверстников 2-й группы соответственно – на 3,1 г/л, или на 4,1% и на 4,4% по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы. По-видимому, достоверное увеличение общего белка и альбуминов в сыворотке крови быков связано с дополнительным введением в их рацион продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3», который содержит в своем составе белок.

У быков-производителей 3-й и 4-й групп содержание глюкозы в сыворотке крови было больше на 0,2 ммоль/л, или на 6,1%, чем у аналогов 1-й и 2-й групп. На долю мочевины приходится около половины остаточного азота, что придает ее определению большее значение. В нашем эксперименте содержание мочевины в крови у быков-производителей опытных групп было меньше на 0,5-0,7 ммоль/л, или на 9,6-13,5%, чем у животных 1-й контрольной группы. Содержание каротина в крови быков 4-й группы было выше на 0,8 мкмоль/л, или на 16,3% ( $P<0,05$ ), у животных 3-й группы – на 0,6 мкмоль/л, или на 12,2% и аналогов 2-й группы – на 0,3 мкмоль/л, или на 6,1% по сравнению со сверстниками 1-й контрольной группы, что, на наш взгляд, обусловлено более высоким содержанием его в рационе.

В конце эксперимента в сыворотке крови быков-производителей 4-й группы уровень кальция был выше, чем у аналогов 1-й контрольной группы на 4,2% и фосфора – на 3,3%, у животных 3-й группы – соответственно на 4,5 и 2,5% и 2-й группы – соответственно на 2,7 и 0,8% (таблица 4).

В крови быков-производителей опытных групп отмечено более высокое содержание в крови микроэлементов. Так, у племенных быков 4-й группы уровень микроэлементов в сыворотке крови увеличился по сравнению с животными 1-й контрольной группы: цинка – на 16,1% ( $P<0,001$ ), меди – на 7,7 ( $P<0,05$ ), марганца – на 12,1 ( $P<0,05$ ) и кобальта – на 15,0% ( $P<0,05$ ); у быков 3-й группы: цинка – на 12,2% ( $P<0,01$ ), меди – на 7,0 ( $P<0,05$ ), марганца – на 12,1 ( $P<0,05$ ) и кобальта – на 10,0% ( $P<0,05$ ). У аналогов 2-й группы по содержанию микроэлементов в сыворотке крови просматривалась тенденция к повышению.

**Таблица 4 – Минеральный состав крови быков-производителей, M±m (n=4)**

Показатели	Группа							
	1-я контрольная		2-я опытная		3-я опытная		4-я опытная	
	период опыта							
	начало	конец	начало	конец	начало	конец	начало	конец
Кальций, ммоль/л	2,61±0,07	2,64±0,10	2,58±0,09	2,71±0,11	2,62±0,14	2,76±0,12	2,59±0,09	2,75±0,09
Фосфор, ммоль/л	2,38±0,12	2,41±0,08	2,36±0,12	2,43±0,14	2,38±0,09	2,47±0,07	2,41±0,13	2,49±0,10
Цинк, мкмоль/л	48,7±1,88	48,3±1,54	47,9±2,03	51,9±1,72	49,1±1,96	54,2±1,70**	48,4±2,11	56,1±1,63***
Медь, мкмоль/л	14,5±0,54	14,3±0,38	14,2±0,47	14,8±0,61	14,7±0,31	15,3±0,32*	14,1±0,51	15,4±0,29*
Марганец, мкмоль/л	3,2±0,12	3,3±0,16	3,2±0,20	3,4±0,19	3,1±0,13	3,7±0,11*	3,2±0,17	3,7±0,12*
Кобальт, мкмоль/л	0,61±0,03	0,60±0,02	0,59±0,02	0,63±0,04	0,58±0,03	0,66±0,02*	0,62±0,05	0,69±0,02**

**Заключение.** 1. В результате научно-хозяйственного опыта установлено, что использование в рационе быков-производителей продукта пептидно-аминокислотного хелатированного «ПАД-3» в количестве 3% от массы комбикорма, или 126 г на голову в сутки, оказало положительное влияние на морфологические и биохимические показатели крови, что выразилось в увеличении в крови уровня гемоглобина на 5,6%, эритроцитов – на 10,1%, в сыворотке крови содержания общего белка – на 13,4% ( $P<0,01$ ), альбуминов – на 9,5 ( $P<0,05$ ), глюкозы – на 6,1, каротина – на 16,3% ( $P<0,05$ ) и снижении концентрации мочевины на 13,5%.

2. Применение изучаемого продукта, в состав которого входят хелаты микроэлементов, способствует оптимизации минерального обмена у быков-производителей, на что указывает более высокое содержание в сыворотке крови кальция на 4,2%, фосфора – на 3,3, цинка – на 16,1 ( $P<0,001$ ), меди – на 7,7 ( $P<0,05$ ), марганца – на 12,1 ( $P<0,05$ ) и кобальта – на 15,0% ( $P<0,05$ ).

**Conclusion.** 1. As a result of scientific and economic experiment, it was established that the use of the PAD-3 peptide-amino acid chelated in the diet of sire bulls in the amount of 3% of the combined feed weight or 126 g per head per day had a positive effect on morphological and biochemical blood parameters, which was expressed by an increase in the blood hemoglobin level by 5.6%, red blood cells – by 10.1%, total protein content in the blood serum by 13.4% ( $P<0.01$ ), albumin – by 9.5 ( $P<0.05$ ), glucose – by 6.1, carotene – by 16.3% ( $P<0.05$ ) and a decrease in the urea concentration by 13.5%.

2. The use of the product under investigation, which includes microelement chelates, promotes the optimization of mineral metabolism in sire bulls, as indicated by a higher serum calcium content by 4.2%, phosphorus – by 3.3, zinc – by 16.1 ( $P<0.001$ ), copper – by 7.7 ( $P < 0.05$ ), manganese – by 12.1 ( $P<0.05$ ) and cobalt – by 15.0% ( $P<0.05$ ).

**Список литературы.** 1. Ветеринарные и технологические аспекты повышения продуктивности и сохранности коров : монография / Н. И. Гавриченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 332 с. 2. Использование пептидно-аминокислотной хелатированной добавки в кормлении быков-производителей : рекомендации / М. М. Карпеня [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 23 с. 3. Карпеня, М. М. Количественные и качественные показатели спермы быков-производителей при включении в рацион пептидно-аминокислотной хелатированной добавки / М. М. Карпеня, А. В. Крыцына // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. / НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Жодино, 2021. – Т. 56, ч. 1. – С. 202–209. 4. Карпеня, М. М. Оптимизация кормления племенных бычков и быков-производителей: монография / М. М. Карпеня. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 172 с. 5. Микулёнок, В. Г. Технология конструирования и изготовления комбикормов, БВМД и премиксов для крупного рогатого скота / В. Г. Микулёнок, М. М. Карпеня, А. М. Карпеня. – Витебск, 2022. – 186 с. 6. Нормы кормления крупного рогатого скота : справочник / Н. А. Попков [и др.]. – Жодино, 2011. – 260 с. 7. Получение пептидно-аминокислотных ингредиентов на основе грибной биомассы ASPERGILLUS ORYZAE / Е. М. Сербя [и др.] // Микология и фитопатология. – 2020. – Т. 54. – № 1. – С. 23–32. 8. Технические условия «Продукты пептидно-аминокислотные хелатированные ПАД-2, ПАД-3» ТУ ВУ 100050710.217-2021, введ. 19.08.2021 г., № госрегистрации 062969 / Е. А. Черняевский [и др.]. – Минск, 2021. – 21 с. 9. Хелаты в кормлении высокопродуктивных животных / А. С. Иванова // Эколого-биологические проблемы использования природных ресурсов в сельском хозяйстве. – 2018. – С. 180–182. 10. Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз : монография / И. В. Брыло [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – 272 с.

**References.** 1. Veterinarnye i tekhnologicheskie aspekty povysheniya produktivnosti i sohrannosti korov : monografiya / N. I. Gavrichenko [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 332 s. 2. Ispol'zovanie peptidno-aminokislotnoj

helatirovannoj dobavki v kormlenii bykov-proizvoditelej : rekomendacii / M. M. Karpenya [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2021. – 23 s. 3. Karpenya, M. M. Kolichestvennye i kachestvennye pokazateli spermy bykov-proizvoditelej pri vklyuchenii v racion peptidno-aminokislotoj helatirovannoj dobavki / M. M. Karpenya, A. V. Krynyna // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi : sb. nauch. tr. / NPC NAN Belarusi po zhivotnovodstvu – ZHodino, 2021. – T. 56, ch. 1. – S. 202–209. 4. Karpenya, M. M. Optimizaciya kormleniya plemennyh bychkov i bykov-proizvoditelej: monografiya / M. M. Karpenya. – Vitebsk : VGAVM, 2019. – 172 s. 5. Mikulyonok, V. G. Tekhnologiya konstruirovaniya i izgotovleniya kombikormov, BVMD i premiksov dlya krupnogo rogatogo skota / V. G. Mikulyonok, M. M. Karpenya, A. M. Karpenya. – Vitebsk, 2022. – 186 s. 6. Normy kormleniya krupnogo rogatogo skota : spravochnik / N. A. Popkov [i dr.]. – Zhodino, 2011. – 260 s. 7. Poluchenie peptidno-aminokislotoj ingredientov na osnove gribnoj biomassy ASPERGILLUS ORYZAE / E. M. Serba [i dr.] // Mikologiya i fitopatologiya. – 2020. – T. 54. – № 1. – S. 23–32. 8. Tekhni-cheskie usloviya «Produkty peptidno-aminokislotoj helatirovannye PAD-2, PAD-3» TU BY 100050710.217-2021, vved. 19.08.2021 g., № gosregistracii 062969 / E.A. Chernyavskij [i dr.]. – Minsk, 2021. – 21 s. 9. Helaty v kormlenii vysokoproductivnyh zhivotnyh / A. S. Ivanova // Ekologo-biologicheskie problemy ispol'zovaniya prirodnyh resursov v sel'skom hozyajstve. – 2018. – S. 180–182. 10. Effektivnost' ispol'zovaniya esencial'nyh mineral'nyh elementov i vitaminov v korm-lenii krupnogo rogatogo skota i molochnykh koz : monografiya / I. V. Brylo [i dr.]. – Minsk : BGATU, 2023. – 272 s.

Поступила в редакцию 17.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-97-106

УДК 636.2.082.2:636.034(476)

## ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ ДИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ О-АЦИЛ ТРАНСФЕРАЗЫ 1 (DGAT1), СОМАТОТРОПИНА (GH), ПРОЛАКТИНА (PRL) И БЕТА-ЛАКТОГЛОБУЛИНА (BLG) НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

Михалюк А.Н. ORCID ID 0000-0001-6110-264X, Пешко Н.Н. ORCID ID 0009-0000-5496-3249,  
Танана Л.А. ORCID ID 0000-0002-0631-6116

УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

В результате исследований установлено, что в большинстве случаев гетерозиготные по гену GH животные генотипа GH<sup>LV</sup> превосходили своих гомозиготных сверстниц генотипов GH<sup>LL</sup> и GH<sup>VV</sup> на 2,5% ... 6,6% (P<0,05). По жирно- и белковомолочности гетерозиготные первотелки генотипа GH<sup>LV</sup> превосходили сверстниц двух других генотипов, а по второй и третьей лактациям более высокие показатели молочной продуктивности имели гомозиготные по аллелям GH<sup>V</sup> и GH<sup>L</sup> особи по сравнению с их гетерозиготными сверстницами. Оценка показателей молочной продуктивности коров по гену DGAT1 по трем лактациям свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации они возрастают. По гену PRL наиболее высокий удой за 305 дней лактации был у гетерозиготных первотелок, коров второй и третьей лактаций, имеющих генотип PRL<sup>AB</sup>. Они превосходили своих гомозиготных по аллелю PRL<sup>A</sup> сверстниц на 1,2% ... 10,7% (P<0,01), а по аллелю PRL<sup>B</sup> – на 4,2% ... 9,4% (P<0,01). По жирномолочности более высокие показатели имели гомозиготные животные с генотипом PRL<sup>BB</sup>, а по белковомолочности – гетеро- и гомозиготные особи с генотипами PRL<sup>AB</sup> и PRL<sup>AA</sup>. По количеству молочного жира и белка у первотелок более высокие показатели имели гомозиготные по гену PRL особи генотипа PRL<sup>AA</sup>, а у коров второй и третьей лактации – гетерозиготные особи генотипа PRL<sup>AB</sup>. По гену BLG более высокие показатели по удою за 305 дней лактации, а также количеству молочного жира и белка имели гомозиготные первотелки с генотипом BLG<sup>AA</sup>, по второй и третьей лактации – гетерозиготные животные с генотипом BLG<sup>AB</sup>. **Ключевые слова:** крупный рогатый скот, гены диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактин (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG), молочная продуктивность.

## EFFECT OF THE GENE POLYMORPHISM OF DIACYLGLYCEROL O-ACYL TRANSFERASE 1 (DGAT1), SOMATOTROPIN (GH), PROLACTIN (PRL) AND BETA-LACTOGLOBULIN (BLG) ON INDICATORS OF MILK PRODUCTIVITY IN DAIRY CATTLE OF HOLSTEIN BREED OF DOMESTIC SELECTION

Mikhaljuk A.N., Peshko N.N., Tanana L.A.

EE "Grodno State Agricultural University", Grodno, Republic of Belarus

As a result of the research, it was established that in most cases, animals of the GH<sup>LV</sup> genotype heterozygous for the GH gene were superior to their homozygous peers of the GH<sup>LL</sup> and GH<sup>VV</sup> genotypes by 2.5% ... 6.6% (P<0.05). In terms of fat and milk protein content, heterozygous first-calving heifers of the GH<sup>LV</sup> genotype were superior to their peers of the other two genotypes, and in the second and third lactations, individuals homozygous for the GH<sup>V</sup> and GH<sup>L</sup> alleles had higher milk productivity compared to their heterozygous peers. An assessment of the milk productivity indicators of cows using the DGAT1 gene for three lactations indicates that they increase with the growth in the serial number of the lactation. For the PRL gene, the highest milk yield over 305 days of lactation was in heterozygous first-calving heifers, cows of the second and third lactations, having the PRL<sup>AB</sup> genotype. They were superior to their peers homozygous for the PRL<sup>A</sup> allele by 1.2%...10.7% (P<0.01), and for the PRL<sup>B</sup> allele – by 4.2%...9.4% (P<0.01). In terms of milk fat content, homozygous animals with the PRL<sup>BB</sup> genotype had higher indicators, and in terms of milk protein content, hetero- and homozygous individuals with the PRL<sup>AB</sup> and PRL<sup>AA</sup> genotypes had higher indicators. In terms of the milk fat and protein content in first-calving heifers, individuals of the PRL<sup>AA</sup> genotype homo-

*zygous for the PRL gene had higher indicators, and in cows of the second and third lactation, heterozygous individuals of the PRL<sup>AB</sup> genotype had higher indicators. For the BLG gene, homozygous first-calving heifers with the BLG<sup>AA</sup> genotype had higher indicators for milk yield over 305 days of lactation, as well as for the milk fat and protein values; in the second and third lactation – heterozygous animals with the BLG<sup>AB</sup> genotype. **Keywords:** cattle, genes of diacylglycerol O-acyl transferase 1 (DGAT1), somatotropin (GH), prolactin (PRL) and beta-lactoglobulin (BLG), milk productivity.*

**Введение.** Развитие молекулярной генетики повлекло за собой изменения в представлениях о селекции в животноводстве и способствовало появлению качественно новых методов отбора и подбора животных, основанных на использовании молекулярно-генетических маркеров [1]. По мнению многих ученых, фенотипическая селекция сегодня находится на пределе своих возможностей, являясь при этом мероприятием дорогостоящим и длительным, поэтому эффективность селекции в ближайшем будущем будут определять новые высокоэффективные методы молекулярной генетики [2–5]. Данные методы основаны на поиске и использовании перспективных генетических маркеров продуктивности животных, изучении их полиморфизма, а также влиянии на хозяйственно полезные признаки. К таким генам относятся гены, кодирующие белки молока или молочный жир, поэтому они могут быть использованы в качестве прямых генетических маркеров молочной продуктивности. Внедрение генетических маркеров в качестве дополнительных критериев при отборе сельскохозяйственных животных позволит ускорить селекционный процесс и повысить его эффективность.

В этой связи **целью данной работы** явилось изучение влияния полиморфизма генов диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG) на показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции.

**Материалы и методы исследований.** Для исследования использовали биологический материал (ушной выщип) от коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции в количестве 105. 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 рестрикционных фрагментов (ПДРФ). Ядерную ДНК выделяли перхлоратным методом. Основные растворы для выделения ДНК готовили по Т. Маниатису, Э. Фрич, Дж.Сэмбруку [6], 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 диацилглицерол О-ацил трансферазы 1 (DGAT1), соматотропина (GH), пролактина (PRL) и бета-лактоглобулина (BLG)**

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

Для амплификации участка гена DGAT1 использовали праймеры [12]:

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 про-

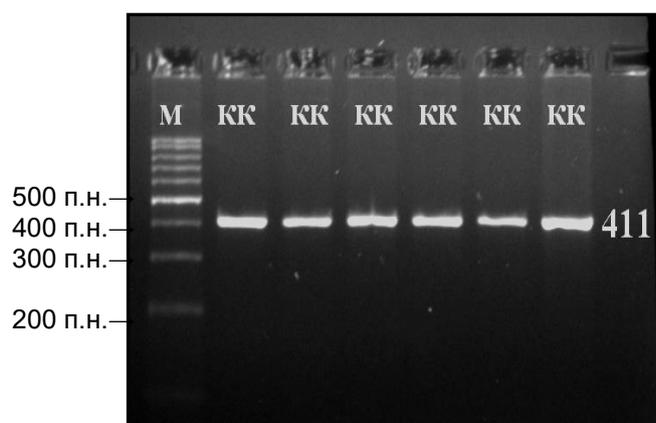
дуктов амплификации гена *DGAT1* идентифицировался генотип: *DGAT1<sup>KK</sup>* – фрагмент 411 п.н. (рисунок 1).

Для амплификации участка гена *GH* использовали праймеры [11]:

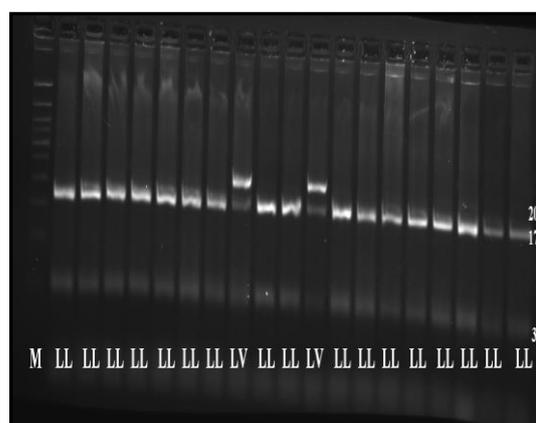
*GH* 1: 5' CCG TGT CTA TGA GAA GC 3'

*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 геледокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *GH* идентифицировались генотипы: *GH<sup>LL</sup>* – 208 п.н.; *GH<sup>LV</sup>* – 208/172/35 п.н.; *GH<sup>VV</sup>* – 172/35 п.н. (рисунок 2).



**Рисунок 1 – Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *DGAT1***



**Рисунок 2- Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *GH***

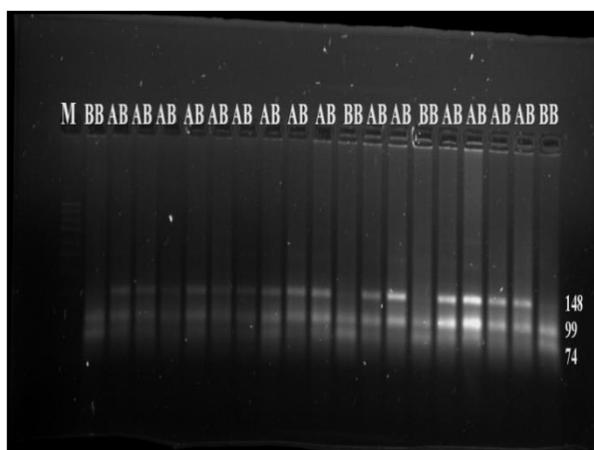
Обозначения: М – маркер молекулярного веса 200 – 500 п.н. (ОДО «Праймтех», Беларусь).

Для амплификации участка гена *BLG* использовали праймеры [10]:

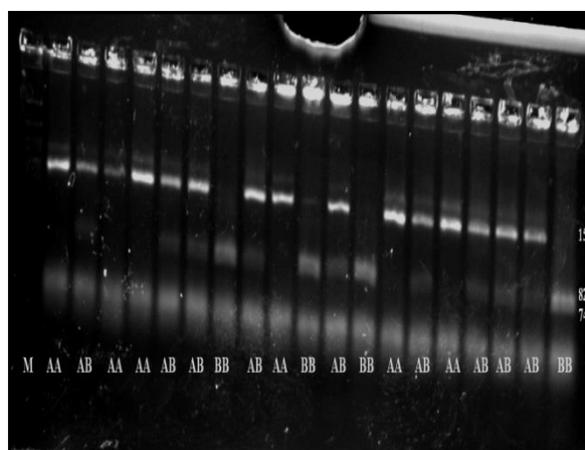
*BLG* 1: 5' TGT GCT GGA CAC CGA CTA CAA AAA G 3'

*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.



**Рисунок 3 - Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *BLG***



**Рисунок 4 - Электрофореграмма рестрикционного анализа гена *PRL***

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 гелъдокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *BLG* идентифицируются следующие генотипы: *BLG<sup>AA</sup>* – фрагменты 148/99 п.н.; *BLG<sup>AB</sup>* – фрагменты 148/99/74 п.н.; *BLG<sup>BB</sup>* – фрагменты 99/74 п.н. (рисунок 3).

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

*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 гелъдокументирования Gel Doc RX+(BIORAD) с использованием бромистого этидия. При расщеплении продуктов амплификации по гену *PRL* идентифицируются следующие генотипы: *PRL<sup>AA</sup>* – длиной 156 п.н.; *PRL<sup>AB</sup>* – 156/82/74 п.н.; *PRL<sup>BB</sup>* – 82/74 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 [7]. Для оценки генетического равновесия в популяции по изучаемым генам определяли критерий хи-квадрат ( $\chi^2$ ) или критерий Пирсона [8].

Для изучения молочной продуктивности подопытные животные голштинской породы молочного скота отечественной селекции 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 [9], используя при этом компьютерную программу Microsoft Excel. Достоверными считались различия при уровне значимости \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$ .

**Результаты исследований.** Исследования были проведены в СПК им. И.П. Сенько Гродненского района, так как данное хозяйство являлось базовым при выведении как чернопестрой, так и голштинской породы молочного скота отечественной селекции. В хозяйстве прекрасно налажен племенной и зоотехнический учет, а также обеспечен высокий зоотехнический фон: условия содержания и кормления животных.

В таблице 2 представлены показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH*. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что более высокие показатели молочной продуктивности имели гетерозиготные по гену *GH* первотелки с генотипом *GH<sup>L</sup>V*. Удой за 305 дней лактации у них составил 8346,90±218,06 кг, по этому показателю они превосходили животных с генотипами *GH<sup>LL</sup>* и *GH<sup>VV</sup>* на 2,5%. По массовой доле жира в молоке гетерозиготные по гену *GH* первотелки генотипа *GH<sup>L</sup>V* также превосходили своих гомозиготных сверстниц с генотипами *GH<sup>LL</sup>* и *GH<sup>VV</sup>* на 0,04 п.п. и 0,17 п.п. ( $P < 0,05$ ) соответственно. Количество молочного жира за 305 дней лактации также было выше у гетерозиготных первотелок генотипа *GH<sup>L</sup>V* и составило 320,10±11,10 кг, у сверстниц с генотипом *GH<sup>LL</sup>* данный показатель составил 308,97±10,03 кг, а у животных с генотипом *GH<sup>VV</sup>* – 298,15±13,02 кг соответственно.

**Таблица 2 – Показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH*, ( $M \pm m$ )**

Показатели	Генотип			
	<i>DGAT1<sup>KK</sup></i>	<i>GH<sup>LL</sup></i>	<i>GH<sup>L</sup>V</i>	<i>GH<sup>VV</sup></i>
Удой за 305 дней лактации, кг	8243,32± 192,27	8141,40± 242,40	8346,90± 218,06	8140,20± 257,30
Массовая доля жира, %	3,80± 0,03	3,79± 0,04	3,83± 0,07*	3,66± 0,09
Количество молочного жира, кг	313,60± 8,03	308,97± 10,03	320,10± 11,10*	298,15± 13,02
Массовая доля белка, %	3,25± 0,01	3,27± 0,02	3,30± 0,02	3,26± 0,04
Количество молочного белка, кг	267,85± 6,07	265,63± 7,68	267,10± 6,72	265,15± 9,63

Аналогичная тенденция наблюдалась по показателям белковомолочности и количеству молочного белка. Так, массовая доля белка в молоке гетерозиготных первотелок генотипа  $GH^{LV}$  составила  $3,30 \pm 0,02\%$ , у животных генотипа  $GH^{LL}$  –  $3,27 \pm 0,02\%$  и генотипа  $GH^{VV}$  –  $3,26 \pm 0,04\%$  соответственно. Количество молочного белка в молоке гетерозиготных первотелок генотипа  $GH^{LV}$  составило  $267,10 \pm 6,72$  кг, что на  $0,55\%$  выше, чем у гомозиготных особей с генотипом  $GH^{LL}$  и на  $0,73\%$ , чем у гомозиготных животных с генотипом  $GH^{VV}$ . Что касается гена  $DGAT1$ , то, как было отмечено выше, все исследуемые животные имели один генотип –  $DGAT1^{KK}$ , и поэтому не представлялось возможным оценить показатели молочной продуктивности в сравнительном аспекте разных генотипов. В этой связи сравнение проводили по показателям молочной продуктивности с учетом лактации, а также в сравнении со средними показателями трех генотипов по гену  $GH$ . Результаты сравнительной оценки показателей молочной продуктивности первотелок по гену  $DGAT1$  со средними показателями сверстниц трех генотипов по гену  $GH$  показали, что удой у коров с генотипом  $DGAT1^{KK}$  был выше, чем средний показатель по гену  $GH$  на  $0,4\%$ , по массовой доле жира и белка, а также по количеству молочного жира и белка между первотелками по гену  $DGAT1$  и средними показателями сверстниц трех генотипов по гену  $GH$  достоверных различий не было отмечено.

В таблице 3 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам  $DGAT1$  и  $GH$  по второй лактации. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что показатели молочной продуктивности коров по второй лактации отличаются от аналогичных показателей первотелок. Установлено, что гомозиготные по гену  $GH$  коровы второй лактации генотипа  $GH^{LL}$  характеризуются более высокими показателями молочной продуктивности по сравнению с гетеро- и гомозиготными животными генотипов  $GH^{LV}$  и  $GH^{VV}$ . Так, удой за 305 дней лактации у них составил  $9169,37 \pm 232,68$  кг, и по этому показателю они превосходили гетерозиготных коров с генотипом  $GH^{LV}$  на  $3,2\%$  ( $P < 0,05$ ), а гомозиготных животных с генотипом  $GH^{VV}$  – на  $4,5\%$  ( $P < 0,05$ ) соответственно. Что касается жирномолочности, то гомозиготные коровы второй лактации генотипов  $GH^{LL}$  и  $GH^{VV}$  превосходили гетерозиготных животных с генотипом  $GH^{LV}$  на  $0,18$  п.п. По количеству молочного жира более высокие показатели также имели гомозиготные по аллелю  $GH^L$  особи. Они превосходили гомозиготных по аллелю  $GH^V$  особей на  $5,4\%$  ( $P < 0,05$ ), а гетерозиготных животных генотипа  $GH^{LV}$  – на  $9,7\%$  ( $P < 0,01$ ) соответственно. Что касается белковомолочности, то у коров с генотипами  $GH^{LL}$  и  $GH^{VV}$  ее содержание было на уровне  $3,23 \pm 0,05\%$ , что выше, чем у гетерозиготных животных генотипа  $GH^{LV}$  на  $0,06$  п.п.

**Таблица 3 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам  $DGAT1$  и  $GH$  по второй лактации, ( $M \pm m$ )**

Показатели	Генотип			
	$DGAT1^{KK}$	$GH^{LL}$	$GH^{LV}$	$GH^{VV}$
Удой за 305 дней лактации, кг	$9074,44 \pm 248,43^{**}$	$9169,37 \pm 232,68^*$	$8879,20 \pm 281,95$	$8766,50 \pm 319,30$
Массовая доля жира, %	$3,81 \pm 0,07$	$3,85 \pm 0,08^*$	$3,67 \pm 0,06$	$3,85 \pm 0,09^*$
Количество молочного жира, кг	$348,08 \pm 10,69^{**}$	$355,95 \pm 13,24^{**}$	$324,40 \pm 12,10$	$337,50 \pm 13,02^*$
Массовая доля белка, %	$3,21 \pm 0,02$	$3,23 \pm 0,03$	$3,17 \pm 0,04$	$3,23 \pm 0,05$
Количество молочного белка, кг	$291,96 \pm 10,42^{**}$	$296,16 \pm 11,91$	$282,40 \pm 12,03$	$285,10 \pm 12,32$

Так как удой у гомозиготных коров с генотипом  $GH^{LL}$  был выше, чем у животных двух других генотипов, то и количество молочного белка в молоке у них также было выше и составило  $296,16 \pm 11,91$  кг, в то время как у гетерозиготных особей с генотипом  $GH^{LV}$  –  $282,40 \pm 12,03$  кг,  $GH^{VV}$  –  $285,10 \pm 12,32$  кг соответственно. По гену  $DGAT1$  коровы второй лактации имели более высокие показатели молочной продуктивности по сравнению с первотелками. Так, удой коров второй лактации был выше, чем у первотелок на  $10,0\%$  ( $P < 0,01$ ) и составил  $9074,44 \pm 248,43$  кг. По массовой доле жира и белка в молоке заметных различий между коровами второй лактации и первотелками не наблюдалось. Учитывая, что удой у коров второй лактации были выше, чем у первотелок, а по массовой доле жира и белка в молоке особых различий не наблюдалось, то количество молочного белка и жира в молоке также было выше у коров второй лактации по сравнению с первотелками на  $10,9\%$  ( $P < 0,01$ ) и на  $9,0\%$  ( $P < 0,01$ ) соответственно.

Результаты сравнительной оценки показателей молочной продуктивности животных по гену  $DGAT1$  со средними показателями сверстниц трех генотипов по гену  $GH$  показали, что удой у коров второй лактации с генотипом  $DGAT1^{KK}$  был выше, чем средний показатель трех генотипов по гену  $GH$  на  $1,5\%$  и составил  $9074,44 \pm 248,43$  кг. Массовая доля жира в молоке была выше у животных по

гену *DGAT1* по сравнению со средним показателем коров трех генотипов по гену *GH* на 0,02 п.п., массовая доля белка была на одном уровне и составляла  $3,21 \pm 0,04\%$ . По количеству молочного жира коровы с генотипом *DGAT1<sup>KK</sup>* превосходили своих сверстниц со средним показателем трех генотипов по гену *GH* на 2,6%, а по количеству молочного белка – на 1,4% соответственно.

В таблице 4 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH* по третьей лактации.

**Таблица 4 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *DGAT1* и *GH* по третьей лактации, (M±m)**

Показатели	Генотип			
	<i>DGAT1<sup>KK</sup></i>	<i>GH<sup>LL</sup></i>	<i>GH<sup>LV</sup></i>	<i>GH<sup>VV</sup></i>
Удой за 305 дней лактации, кг	9752,67± 348,15**	9530,78± 230,81**	9580,14± 283,68*	8983,67± 307,98
Массовая доля жира, %	3,78± 0,09	3,68± 0,09	3,79± 0,10	3,96± 0,10*
Количество молочного жира, кг	366,92± 12,20	348,67± 12,35	363,86± 13,18*	356,00± 12,07
Массовая доля белка, %	3,24± 0,03	3,26± 0,03	3,23± 0,06	3,40± 0,07*
Количество молочного белка, кг	315,25± 12,04	310,00± 12,21	308,86± 13,48	305,33± 10,98

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что показатели молочной продуктивности коров по третьей лактации несколько отличались от показателей молочной продуктивности животных по второй лактации. Удой за 305 дней лактации был выше у гетерозиготных особей генотипа *GH<sup>LV</sup>* по сравнению с показателями гомозиготных коров генотипов *GH<sup>LL</sup>* и *GH<sup>VV</sup>* на 0,5% и на 6,6% ( $P < 0,05$ ) соответственно и составил  $9580,14 \pm 283,68$  кг. Вместе с тем по жирномолочности и белкомолочности более высокие показатели имели гомозиготные коровы третьей лактации с генотипом *GH<sup>VV</sup>*. Так, массовая доля жира в молоке у них составила  $3,96 \pm 0,10\%$ , а массовая доля белка –  $3,40 \pm 0,07\%$ , что выше, чем у гомозиготных сверстниц с генотипом *GH<sup>LL</sup>* на 0,28 п.п. ( $P < 0,05$ ) и на 0,14 п.п. ( $P < 0,05$ ), а с генотипом *GH<sup>LV</sup>* – на 0,17 п.п. ( $P < 0,05$ ) и на 0,17 п.п. ( $P < 0,05$ ) соответственно. За счет того, что удой был выше у гетерозиготных коров с генотипом *GH<sup>LV</sup>* при относительно высокой жирномолочности ( $3,79 \pm 0,10\%$ ), то и количество молочного жира у них также оказалось выше по сравнению с гомозиготными особями генотипа *GH<sup>LL</sup>* на 4,3% ( $P < 0,05$ ), а по сравнению с гомозиготными животными *GH<sup>VV</sup>* – на 2,2% соответственно. По количеству молочного белка достоверных различий между животными трех генотипов не наблюдалось.

По гену *DGAT1* коровы третьей лактации имели более высокие показатели молочной продуктивности по сравнению с животными второй лактации. Так, удой коров третьей лактации был выше, чем у животных второй на 7,4% ( $P < 0,05$ ) и составил  $9752,67 \pm 348,15$  кг. По массовой доле жира и белка в молоке достоверных различий между коровами третьей и второй лактации не наблюдалось. Что касается показателей количества молочного жира и белка в молоке, то они были выше у коров третьей лактации по сравнению с животными второй лактации на 5,4% ( $P < 0,05$ ) и 7,9% ( $P < 0,05$ ) соответственно. Молочная продуктивность коров по гену *DGAT1* в разрезе трех лактаций свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации она возрастает. Аналогичные результаты были получены ранее у коров красной белорусской породной группы. Результаты сравнительной оценки показателей молочной продуктивности животных по гену *DGAT1* со средними показателями сверстниц трех генотипов по гену *GH* показали, что удой у коров третьей лактации с генотипом *DGAT1<sup>KK</sup>* был выше, чем средний показатель животных трех генотипов по гену *GH* на 4,1% ( $P < 0,05$ ) и составил  $9752,67 \pm 348,15$  кг. Массовая доля жира в молоке у животных по гену *DGAT1* была ниже по сравнению со средним показателем коров трех генотипов по гену *GH* на 0,03 п.п., а массовая доля белка в молоке – на 0,05 п.п. соответственно. По количеству молочного жира коровы с генотипом *DGAT1<sup>KK</sup>* превосходили своих сверстниц со средним показателем трех генотипов гена *GH* на 3,0%, а по количеству молочного белка – на 2,3% соответственно.

В таблице 5 приведены показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам *PRL* и *BLG*. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наиболее высокие показатели молочной продуктивности имели гетерозиготные первотелки с генотипом *PRL<sup>AB</sup>*. Их удой за 305 дней лактации составил  $8706,35 \pm 250,55$  кг, что выше, чем у гомозиготных по аллелю *PRL<sup>A</sup>* особей на 10,7% ( $P < 0,01$ ), а по аллелю *PRL<sup>B</sup>* – на 4,2% ( $P < 0,05$ ) соответственно. По массовой доле жира в молоке гетерозиготные и гомозиготные по аллелю В первотелки находились примерно на одном уровне –  $3,83 \pm 0,04\%$  и  $3,82 \pm 0,08\%$  и превосходили гомозиготных по аллелю А особей на 0,05 п.п. и на 0,04 п.п. соответственно.

У исследуемых животных по показателю белковомолочности были отмечены некоторые отличия в сравнении с показателем жирномолочности. Так, наиболее высокие показатели имели гомо- и гетерозиготные первотелки с генотипами  $PRL^{AA}$  и  $PRL^{AB}$  –  $3,25 \pm 0,02\%$  и  $3,25 \pm 0,02\%$ , а наиболее низкие – гомозиготные животные с генотипом  $PRL^{BB}$  –  $3,22 \pm 0,04\%$ , однако достоверных различий по этому показателю между группами животных не отмечалось. Количество молочного жира и белка в молоке также оказалось выше у гетерозиготных по гену  $PRL$  первотелок генотипа  $PRL^{AB}$  и составило  $334,26 \pm 11,17$  кг и  $282,65 \pm 7,64$  кг соответственно, что обусловлено более высоким удоем, а также жирно- и белковомолочностью, чем у гомозиготных по аллелям А и В аналогов. Количество молочного жира у гетерозиготных первотелок с генотипом  $PRL^{AB}$  было выше, чем у гомозиготных сверстниц с генотипом  $PRL^{AA}$  на 12,6 % ( $P < 0,01$ ) и на 4,6 % ( $P < 0,05$ ), чем у гомозиготных животных с генотипом  $PRL^{BB}$  соответственно. Аналогичная тенденция была отмечена и по количеству молочного белка.

**Таблица 5 – Показатели молочной продуктивности первотелок с различными генотипами по генам  $PRL$  и  $BLG$ , ( $M \pm m$ )**

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
$PRL^{AA}$	$7863,27 \pm 222,84$	$3,78 \pm 0,05$	$296,82 \pm 11,29$	$3,25 \pm 0,02$	$255,45 \pm 9,29$
$PRL^{AB}$	$8706,35 \pm 250,55^{**}$	$3,83 \pm 0,04$	$334,26 \pm 11,17^{**}$	$3,25 \pm 0,02$	$282,65 \pm 7,64^*$
$PRL^{BB}$	$8353,00 \pm 246,12^*$	$3,82 \pm 0,08$	$319,50 \pm 12,51^*$	$3,22 \pm 0,04$	$268,55 \pm 11,57$
$BLG^{AA}$	$8408,44 \pm 292,44^*$	$3,77 \pm 0,07$	$318,00 \pm 11,83^*$	$3,26 \pm 0,04$	$273,56 \pm 9,38^{**}$
$BLG^{AB}$	$8054,03 \pm 207,53$	$3,80 \pm 0,04$	$305,81 \pm 8,79$	$3,26 \pm 0,02$	$262,32 \pm 6,52^*$
$BLG^{BB}$	$7818,50 \pm 275,58$	$3,94 \pm 0,08^*$	$309,00 \pm 12,28$	$3,17 \pm 0,04$	$247,17 \pm 10,87$

По гену  $BLG$  наиболее высокие показатели по удою имели гомозиготные первотелки с генотипом  $BLG^{AA}$  –  $8408,44 \pm 292,44$  кг, они превосходили своих сверстниц генотипа  $BLG^{AB}$  на 4,4% ( $P < 0,05$ ), а гомозиготных особей с генотипом  $BLG^{BB}$  – на 7,5% ( $P < 0,05$ ) соответственно. Вместе с тем наиболее высокая жирномолочность была у гомозиготных первотелок генотипа  $BLG^{BB}$  –  $3,94 \pm 0,08\%$ , и по этому показателю они превосходили своих гетерозиготных сверстниц генотипа  $BLG^{AB}$  на 0,14 п.п. ( $P < 0,05$ ), а гомозиготных животных  $BLG^{AA}$  – на 0,17 п.п. ( $P < 0,05$ ) соответственно. По показателю белковомолочности, напротив, первотелки с генотипом  $BLG^{BB}$  имели более низкие показатели по сравнению с гомо- и гетерозиготными особями генотипов  $BLG^{AA}$  и  $BLG^{AB}$ . Так, массовая доля белка в молоке гомозиготных первотелок с генотипом  $BLG^{BB}$  составила  $3,17 \pm 0,04\%$ , а у гомо- и гетерозиготных первотелок с генотипами  $BLG^{AA}$  и  $BLG^{AB}$  –  $3,26\%$ . По количеству молочного жира и белка в молоке наиболее высокие показатели оказались у гомозиготных по гену  $BLG$  первотелок с генотипом  $BLG^{AA}$  –  $318,00 \pm 11,83$  кг и  $273,56 \pm 9,38$  кг соответственно. По этим показателям они превосходили гетерозиготных животных с генотипом  $BLG^{AB}$  на 3,9% ( $P < 0,05$ ) и на 4,2% ( $P < 0,05$ ), а гомозиготных первотелок с генотипом  $BLG^{BB}$  – на 2,9% и 10,6% ( $P < 0,01$ ) соответственно.

В таблице 6 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам  $PRL$  и  $BLG$  по второй лактации. При анализе полученных данных установлено, что показатели молочной продуктивности коров по второй лактации были аналогичны таковым первотелок. Так, у гетерозиготных по гену  $PRL$  коров второй лактации с генотипом  $PRL^{AB}$  удой составил  $9153,11 \pm 231,89$  кг и был выше, чем у гомозиготных по аллелям  $PRL^A$  и  $PRL^B$  животных на 1,4% и на 4,8% ( $P < 0,05$ ) соответственно. По массовой доле жира более высокие показатели были у животных с генотипом  $PRL^{BB}$  –  $3,92 \pm 0,09\%$ , что на 0,17 п.п. ( $P < 0,05$ ) выше, чем у гетерозиготных сверстниц с генотипом  $PRL^{AB}$  и на 0,08 п.п., чем у гомозиготных коров второй лактации с генотипом  $PRL^{AA}$ . По показателю белковомолочности были отмечены некоторые отличия по сравнению с показателем жирномолочности. Так, наиболее высокие показатели были у гомо- и гетерозиготных коров с генотипами  $PRL^{AA}$  и  $PRL^{AB}$  –  $3,21 \pm 0,03\%$  и  $3,22 \pm 0,04\%$  соответственно, а низкие – у гомозиготных животных с генотипом  $PRL^{BB}$  –  $3,15 \pm 0,04\%$ , что повторяет тенденцию, выявленную у первотелок. По количеству молочного жира более высокие показатели имели гомозиготные коровы с генотипом  $PRL^{AA}$  –  $349,40 \pm 12,44$  кг, и они превосходили гетерозиготных сверстниц генотипа  $PRL^{AB}$  на 1,5%, а гомозиготных животных генотипа  $PRL^{BB}$  – на 2,0% ( $P < 0,05$ ). По количеству молочного белка более высокие

показатели имели гетерозиготные по гену *PRL* животные генотипа  $PRL^{AB}$  –  $295,67 \pm 12,59$  кг, что на 2,0% ( $P < 0,05$ ) и 7,7% ( $P < 0,01$ ) выше, чем у гомозиготных сверстниц по аллелям  $PRL^A$  и  $PRL^B$  соответственно.

**Таблица 6 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *PRL* и *BLG* по второй лактации, ( $M \pm m$ )**

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
$PRL^{AA}$	$9021,40 \pm 242,14$	$3,84 \pm 0,09$	$349,40 \pm 12,44^*$	$3,21 \pm 0,03$	$289,80 \pm 11,60$
$PRL^{AB}$	$9153,11 \pm 231,89^*$	$3,75 \pm 0,08$	$344,22 \pm 13,76$	$3,22 \pm 0,04$	$295,67 \pm 12,59^{**}$
$PRL^{BB}$	$8727,50 \pm 325,25$	$3,92 \pm 0,09^*$	$342,45 \pm 12,05$	$3,15 \pm 0,04$	$274,50 \pm 13,50$
$BLG^{AA}$	$8080,25 \pm 255,84$	$3,53 \pm 0,09$	$284,40 \pm 12,48$	$3,25 \pm 0,05$	$233,41 \pm 10,22$
$BLG^{AB}$	$9191,45 \pm 213,35^{**}$	$3,83 \pm 0,08$	$354,00 \pm 13,02^{**}$	$3,21 \pm 0,02$	$294,70 \pm 10,60^*$
$BLG^{BB}$	$8465,20 \pm 279,07^*$	$3,87 \pm 0,09^{**}$	$329,20 \pm 14,17^*$	$3,26 \pm 0,06$	$277,20 \pm 11,30^*$

По гену *BLG* динамика показателей молочной продуктивности коров второй лактации отличалась от таковых у первотелок. Так, по удою за 305 дней лактации наиболее высокий показатель имели гетерозиготные коровы с генотипом  $BLG^{AB}$  –  $9191,45 \pm 213,35$  кг. Они превосходили гомозиготных по аллелю  $BLG^A$  сверстниц на 13,7 % ( $P < 0,01$ ), а по аллелю  $BLG^B$  – на 8,5% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Что касается жирно- и белкомолочности, то более высокие показатели имели гомозиготные животные генотипа  $BLG^{BB}$  –  $3,87 \pm 0,09\%$  и  $3,26 \pm 0,06\%$  соответственно, это на 0,34 п.п. ( $P < 0,01$ ) и 0,01 п.п. выше, чем у гомозиготных сверстниц с генотипом  $BLG^{AA}$  и на 0,04 п.п. и 0,05 п.п., чем у гетерозиготных особей с генотипом  $BLG^{AB}$  соответственно. Учитывая, что наиболее высокий удой за 305 дней лактации имели гетерозиготные коровы с генотипом  $BLG^{AB}$  –  $9191,45 \pm 213,35$  кг, то количество молочного жира и белка у них также оказалась выше, чем у сверстниц. Так, по количеству молочного жира гетерозиготные коровы второй лактации с генотипом  $BLG^{AB}$  превосходили гомозиготных особей генотипа  $BLG^{AA}$  на 24,4% ( $P < 0,01$ ), с генотипом  $BLG^{BB}$  – на 7,5% ( $P < 0,05$ ), а по количеству молочного белка – на 26,2% ( $P < 0,01$ ) и на 6,3% ( $P < 0,05$ ) соответственно.

В таблице 7 приведены показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *PRL* и *BLG* по третьей лактации.

**Таблица 7 – Показатели молочной продуктивности коров с различными генотипами по генам *PRL* и *BLG* по третьей лактации, ( $M \pm m$ )**

Генотип	Показатели				
	удой за 305 дней лактации, кг	массовая доля жира, %	количество молочного жира, кг	массовая доля белка, %	количество молочного белка, кг
$PRL^{AA}$	$9417,50 \pm 326,35^*$	$3,71 \pm 0,10$	$347,13 \pm 11,67$	$3,24 \pm 0,04$	$303,88 \pm 10,74$
$PRL^{AB}$	$9533,42 \pm 304,26^{**}$	$3,72 \pm 0,09$	$351,11 \pm 12,64$	$3,22 \pm 0,05$	$306,51 \pm 12,11$
$PRL^{BB}$	$8712,40 \pm 354,23$	$3,93 \pm 0,10$	$343,83 \pm 12,94$	$3,29 \pm 0,04$	$286,50 \pm 11,34$
$BLG^{AA}$	$8828,25 \pm 331,05^*$	$3,69 \pm 0,10$	$323,25 \pm 13,17$	$3,36 \pm 0,04$	$295,25 \pm 11,61^*$
$BLG^{AB}$	$9503,05 \pm 256,20^{**}$	$3,79 \pm 0,10$	$359,25 \pm 12,55^{**}$	$3,25 \pm 0,03$	$307,87 \pm 11,22^{**}$
$BLG^{BB}$	$8724,20 \pm 250,03$	$3,92 \pm 0,09$	$341,75 \pm 11,68^*$	$3,25 \pm 0,07$	$283,25 \pm 12,87$

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что показатели молочной продуктивности коров по третьей лактации повторяют динамику таковых по второй лактации. В частности,

удой за 305 дней лактации у гетерозиготных по гену *PRL* особей с генотипом *PRL<sup>AB</sup>* составил  $9533,42 \pm 304,26$  кг, что выше по сравнению с удоём гомозиготных по аллелю *PRL<sup>A</sup>* особей на 1,2%, а по аллелю *PRL<sup>B</sup>* – на 9,4% ( $P < 0,01$ ) соответственно. Массовая доля жира и белка в молоке была выше у гомозиготных особей генотипа *PRL<sup>BB</sup>* по сравнению с гомозиготными коровами генотипа *PRL<sup>AA</sup>* на 0,22 п.п. ( $P < 0,05$ ) и 0,05 п.п., а по сравнению с гетерозиготными животными генотипа *PRL<sup>AB</sup>* – на 0,21 п.п. ( $P < 0,05$ ) и 0,07 п.п. соответственно. Аналогичная тенденция наблюдалась и у коров второй лактации. Количество молочного жира и белка оказалось выше у гетерозиготных животных с генотипом *PRL<sup>AB</sup>* за счет более высокого удоя и составила  $351,11 \pm 12,64$  кг и  $306,51 \pm 12,11$  кг соответственно. По гену *BLG* динамика показателей молочной продуктивности коров третьей лактации повторила динамику по второй лактации. Так, по удою за 305 дней лактации наиболее высокий показатель имели гетерозиготные по гену *BLG* особи с генотипом *BLG<sup>AB</sup>* –  $9503,05 \pm 256,20$  кг, и они превосходили гомозиготных по аллелю *BLG<sup>A</sup>* сверстниц на 7,6% ( $P < 0,05$ ), а по аллелю *BLG<sup>B</sup>* – на 8,9% ( $P < 0,01$ ) соответственно. По массовой доле жира в молоке наиболее высокие показатели были у гомозиготных особей с генотипом *BLG<sup>BB</sup>* –  $3,92 \pm 0,09\%$ , а по содержанию белка в молоке – у гомозиготных животных с генотипом *BLG<sup>AA</sup>* –  $3,36 \pm 0,04\%$ . Однако по количеству молочного жира и белка за 305 дней лактации наиболее высокие показатели имели гетерозиготные особи генотипа *BLG<sup>AB</sup>* –  $359,25 \pm 12,55$  кг и  $307,87 \pm 11,22$  кг соответственно, так как у них был выше удой, чем у гомозиготных по аллелям *BLG<sup>A</sup>* и *BLG<sup>B</sup>* сверстниц. Так, по количеству молочного жира они превосходили своих сверстниц на 11,1% ( $P < 0,01$ ) и на 5,1% ( $P < 0,05$ ), а по количеству молочного белка – на 4,2% ( $P < 0,05$ ) и на 8,6% ( $P < 0,01$ ) соответственно.

**Заключение.** Результаты проведенных исследований по изучению влияния полиморфизма генов *DGAT1* и *GH* на показатели молочной продуктивности коров голштинской породы молочной скота отечественной селекции показали, что по удою за 305 дней лактации в большинстве случаев гетерозиготные по гену *GH* животные генотипа *GH<sup>L</sup>V* превосходили своих гомозиготных сверстниц генотипов *GH<sup>L</sup>L* и *GH<sup>V</sup>V* на 2,5% ... 6,6% ( $P < 0,05$ ). По жирно- и белковомолочности гетерозиготные первотелки генотипа *GH<sup>L</sup>V* превосходили сверстниц двух других генотипов, а по второй и третьей лактациям более высокие показатели молочной продуктивности имели гомозиготные по аллелям *GH<sup>V</sup>* и *GH<sup>L</sup>* особи по сравнению с их гетерозиготными сверстницами. Оценка показателей молочной продуктивности коров по гену *DGAT1* по трем лактациям свидетельствует о том, что с повышением порядкового номера лактации они возрастают. По гену *PRL* наиболее высокий удой за 305 дней лактации был у гетерозиготных первотелок, коров второй и третьей лактации, имеющих генотип *PRL<sup>AB</sup>*. Они превосходили своих гомозиготных по аллелю *PRL<sup>A</sup>* сверстниц на 1,2% ... 10,7% ( $P < 0,01$ ), а по аллелю *PRL<sup>B</sup>* – на 4,2% ... 9,4% ( $P < 0,01$ ). По жирномолочности более высокие показатели имели гомозиготные животные с генотипом *PRL<sup>BB</sup>*, а по белковомолочности – гетеро- и гомозиготные особи с генотипами *PRL<sup>AB</sup>* и *PRL<sup>AA</sup>*. По количеству молочного жира и белка у первотелок более высокие показатели имели гомозиготные по гену *PRL* особи генотипа *PRL<sup>AA</sup>*, а у коров второй и третьей лактации – гетерозиготные особи генотипа *PRL<sup>AB</sup>*. По гену *BLG* более высокие показатели по удою за 305 дней лактации, а также количеству молочного жира и белка имели гомозиготные первотелки с генотипом *BLG<sup>AA</sup>*, по второй и третьей лактации – гетерозиготные животные с генотипом *BLG<sup>AB</sup>*.

**Conclusion.** The results of research conducted to study the influence of polymorphism of the *DGAT1* and *GH* genes on the milk productivity in dairy cows of the Holstein breed of domestic selection showed that in terms of milk yield over 305 days of lactation, in most cases, animals of the *GH<sup>L</sup>V* genotype heterozygous for the *GH* gene were superior to their homozygous peers of the *GH<sup>L</sup>L* and *GH<sup>V</sup>V* genotypes by 2.5%...6.6% ( $P < 0.05$ ). In terms of fat and milk protein content, heterozygous first heifers of the *GH<sup>L</sup>V* genotype were superior to their peers of the other two genotypes, and in the second and third lactations, individuals homozygous for the *GH<sup>V</sup>* and *GH<sup>L</sup>* alleles had higher milk productivity compared to their heterozygous peers. An assessment of the milk productivity indicators of cows using the *DGAT1* gene for three lactations indicates that they increase with the growth in the serial number of lactations. According to the *PRL* gene, the highest milk yield over 305 days of lactation was in heterozygous first-calving heifers, cows of the second and third lactations, having the *PRL<sup>AB</sup>* genotype. They were superior to their peers homozygous for the *PRL<sup>A</sup>* allele by 1.2%...10.7% ( $P < 0.01$ ), and for the *PRL<sup>B</sup>* allele – by 4.2%...9.4% ( $P < 0.01$ ). In terms of milk fat content, homozygous animals with the *PRL<sup>BB</sup>* genotype had higher indicators, and in terms of milk protein content, hetero- and homozygous individuals with the *PRL<sup>AB</sup>* and *PRL<sup>AA</sup>* genotypes had higher indicators. In terms of the milk fat and protein content in first-calving heifers, individuals of the *PRL<sup>AA</sup>* genotype homozygous for the *PRL* gene had higher indicators, and in cows of the second and third lactation, heterozygous individuals of the *PRL<sup>AB</sup>* genotype had higher indicators. For the *BLG* gene, homozygous first-calving heifers with the *BLG<sup>AA</sup>* genotype had higher indicators for milk yield over 305 days of lactation, as well as for milk fat and protein content; in the second and third lactation – heterozygous animals with the *BLG<sup>AB</sup>* genotype.

**Список литературы.** 1. Глазко, В. И. Молекулярная биология для животноводства / В. И. Глазко // *Farm Animals*. – 2012. – № 1 (1). – С. 24–29. 2. Завертяев, Б. П. Перспективы развития маркерной и геномной селекции в молочном скотоводстве / Б. П. Завертяев // *Генетика и селекция в животноводстве: вчера, сегодня и завтра : материалы научной конференции, 9–11 июня 2010 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т генетики и разведения с.-х. животных*. – СПб., 2010. – С. 18–21. 3. Прохоренко, П. Н. Роль молекулярно-генетических маркеров в селекции молочного скота / П. Н. Прохоренко, А. Ф. Яковлев // *Зоотехния*. – 1996. – № 7. – С. 2–3. 4. Роль ДНК-диагностики в контроле и элиминации рецессивных наследственных аномалий у сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева [и др.] // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 11. – С. 37–40. 5. Смарагдов, М. Г. Методы молекулярных маркеров в селекции хозяйственно-полезных признаков у крупного рогатого скота / М. Г. Смарагдов // *Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология животных*. – 2005. – № 6. – С. 3–8. 6. Маниатис, Т. Молекулярное клонирование / Т. Маниатис, Э.Фрич, Дж. Сэмбрук. – Москва : Мир, 1984. – 480 с. 7. Меркурьева, Е. К. Биометрия в селекции и генетике / Е. К. Меркурьева. – Москва : Колос, 1970. – 423 с. 8. Меркурьева, Е. К. Генетика с основами биометрии / Е. К. Меркурьева, Г. Н. Шангин-Березовский. – М.: Колос, 1983. – 400 с. 9. Плохинский, Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – Москва : АН СССР, 1969. – 360 с. 10. Ardicli, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardicli [et al] // *Archives Animal Breeding*. – 2019. – 62,9 – 32. 11. Grochowska, R. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska [et al] // *Respod. Nutr. Dev.* – 1999. – Vol. 39. – P.171-180. 12. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek [et al] // *Animal Science Papers and Reports*. – 2004. – Vol. 22, no.3. – P. 307-313. 13. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N.T.D. Thy [et al] // *Russian Journal of Genetics*. – 2018. – Vol.54, No.3. – P. 346-352.

**References.** 1. Glazko, V. I. Molekulyarnaya biologiya dlya zhivotnovodstva / V. I. Glazko // *Farm Animals*. – 2012. – № 1 (1). – S. 24–29. 2. Zavertyaev, B. P. Perspektivy razvitiya markernoj i genomnoj selekcii v molochnom skotovodstve / B. P. Zavertyaev // *Genetika i selekcija v zhivotnovodstve: vchera, segodnya i zavtra : materialy nauchnoj konferencii, 9–11 iyunya 2010 g. / Vseros. nauch.-issled. in-t genetiki i razvedeniya s.-h. zhivotnyh*. – SPb., 2010. – S. 18–21. 3. Prohorenko, P. N. Rol molekulyarno-geneticheskikh markerov v selekcii molochnogo skota / P. N. Prohorenko, A. F. Yakovlev // *Zootehniya*. – 1996. – № 7. – S. 2–3. 4. Rol DNK-diaagnostiki v kontrole i eliminacii recessivnyh nasledstvennyh anomalij u selskohozyajstvennyh zhivotnyh / N. A. Zinoveva [i dr.] // *Dostizheniya nauki i tehniki APK*. – 2012. – № 11. – S. 37–40. 5. Smaragdov, M. G. Metody molekulyarnyh markerov v selekcii hozyajstvenno-poleznyh priznakov u krupnogo rogatogo skota / M. G. Smaragdov // *Selskohozyajstvennaya biologiya. Ser. Biologiya zhivotnyh*. – 2005. – № 6. – S. 3–8. 6. Maniatis, T. Molekulyarnoe klonirovanie / T. Maniatis, E.Frich, Dzh. Sembruk. – Moskva : Mir, 1984. – 480 s. 7. Merkureva, E. K. Biometriya v selekcii i genetike / E. K. Merkureva. – Moskva : Kolos, 1970. – 423 s. 8. Merkureva, E. K. Genetika s osnovami biometrii / E. K. Merkureva, G. N. Shangin-Berezovskij. – M.: Kolos, 1983. – 400 s. 9. Plohinskij, N. A. Biometriya / N. A. Plohinskij. – Moskva : AN SSSR, 1969. – 360 s. 10. Ardicli, S. Comprehensive assessment of candidate genes associated with fattening performance in Holstein-Frisian bulls / S. Ardicli [et al] // *Archives Animal Breeding*. – 2019. – 62,9 – 32. 11. Grochowska, R. Stimulated growth hormone (GH) release in Friesian cattle with respect to GH genotypes / R. Grochowska [et al] // *Respod. Nutr. Dev.* – 1999. – Vol. 39. – P.171-180. 12. Effects of DGAT1 variants on milk production traits in Jersey cattle / J. Komisarek [et al] // *Animal Science Papers and Reports*. – 2004. – Vol. 22, no.3. – P. 307-313. 13. Polymorphism of PIT-1 and Prolactin Genes and Their Effects on Milk Yield in Holstein Frisian Dairy Cows Bred in Vietnam / N.T.D. Thy [et al] // *Russian Journal of Genetics*. – 2018. – Vol.54, No.3. – P. 346-352.

Поступила в редакцию 30.05.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-106-111  
УДК 636.086.3

## ВЛИЯНИЕ ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ И ПРОТЕИНОВУЮ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

Моисеева М.О. ORCID ID 0000-0003-1740-2877, Зенькова Н.Н. ORCID ID 0000-0002-7071-8830,  
Ковалёва И.В. ORCID ID 0000-0003-2301-1397, Шлома Т.М. ORCID ID 0000-0001-5151-290,  
Синцерова А.М. ORCID ID 0000-0002-2159-6670, Ганущенко О.Ф. ORCID ID 0000-0002-2373-3325  
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

В статье представлен анализ энергетической и протеиновой питательности зеленой и проявленной массы многолетних бобовых трав в зависимости от фазы вегетации и технологических параметров, который показал, что уборка трав в фазу стеблевания имеет значительные преимущества, как по энергетической, так и по протеиновой питательности в сравнении с более поздней фазой вегетации. Более энергетически питательный корм с высоким содержанием протеина получен при уборке в фазу стеблевания. **Ключевые слова:** клевер, люцерна, галега, обменная энергия, сырой протеин, питательность, сухое вещество.

## INFLUENCE OF VEGETATION PHASE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON ENERGY AND PROTEIN NUTRITIONAL VALUE IN INITIAL RAW MATERIALS OF PERENNIAL LEGUMINES

Moiseeva M.O., Ziankova N.N., Kavaliova I.V., Shloma T.M., Sintsarova A.M., Ganushchenko O.F.  
Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

*The article presents the analysis of the energy and protein nutritional value of the green and wilted mass of perennial legumes, depending on the growing season phase and technological parameters showed that grass harvesting at the stemming phase has an advantage of more nutritional value both energetically and in a high protein content compared to the later vegetation stage. More energetically nutritious forage with a high protein content was obtained when harvested in the stemming phase. **Keywords:** clover, alfalfa, galega, metabolic energy, crude protein, nutritional value, dry matter.*

**Введение.** Многолетние, особенно бобовые, травы в условиях рыночной экономики должны стать основным сырьевым источником для производства кормов. Такое значение им придается благодаря высокой питательной ценности, универсальности использования, наивысшей энергетической и экономической эффективности возделывания и целому ряду других хозяйственно полезных свойств [1, 2]. Общепризнанной оптимальной фазой уборки многолетних бобовых трав на кормовые цели считается фаза бутонизации. В этот период травостой бобовых накапливает максимальное количество энергии и протеина в расчете на 1 га при приемлемой концентрации обменной энергии (ОЭ) и сырого протеина (СП) в 1 кг сухого вещества сырья [3, 4, 9]. При анализе различных технологических приемов заготовки кормов, как правило, сроки уборки многолетних бобовых трав распространяются от фазы стеблевания до фазы бутонизации. Обязательным приемом подготовки многолетних трав к силосованию является снижение влажности до оптимальных пределов благодаря провяливанию [5, 6, 7]. Климат Беларуси характеризуется повышенным увлажнением, где получение высококачественного корма из провяленных трав затруднительно из-за частых кратковременных дождей, утренней росы. Традиционное скашивание бобовых трав в валок без плющения в нашей республике не позволяет достигнуть в течение одного светового дня необходимого минимального уровня сухого вещества. Ускорение процессов провяливания, возможно не только на основе учета погодных условий в регионе, но и различных технологических приемов механического воздействия на провяливаемое сырье [8, 10].

**Цель исследований** – установить влияние фазы вегетации растений и технологических параметров на энергетическую и протеиновую питательность исходного сырья бобовых трав.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили на многолетних бобовых травах в фазу стеблевания и бутонизации: галега восточная, люцерна посевная, клевер луговой.

При этом, одновременно изучали 4 варианта провяливания в зависимости от параметров предварительной механической обработки исходного сырья:

- 1 вариант – скашивание зеленой массы в расстил с плющением стеблей;
- 2 вариант – скашивание зеленой массы в расстил без плющения;
- 3 вариант – скашивание зеленой массы при формировании валка с плющением;
- 4 вариант – скашивание зеленой массы при формировании валка без плющения стеблей.

Энергетическую и протеиновую питательную ценность многолетних бобовых определяли по результатам химического анализа в научно-исследовательском институте (НИИ) прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии УО ВГАВМ.

**Результаты исследований.** Проведенные исследования доказали, что концентрация обменной энергии и сырого протеина в сухом веществе зеленой массы многолетних трав у каждой из изучаемых культур снижалась от ранней фазы вегетации к более поздней. Помимо того, нами установлено влияние разных вариантов провяливания изучаемых культур на снижение концентрации ОЭ и СП в 1 кг сухого вещества в фазах стеблевания и бутонизации. Дольше всего проходило провяливание свежескошенной массы галеги восточной. Содержание сухого вещества на уровне около 35% было достигнуто в обе фазы уборки через 9-12 ч, при этом более стремительно этот процесс шел при скашивании в расстил с плющением. Скорость снижения питательности увеличивалась в фазу бутонизации (0,06 Мдж ОЭ/ч и 0,14% СП). Сравнивая качество сырья, скошенного различными технологическими приемами, можно отметить, что во всех вариантах опыта показатели питательности были выше при уборке многолетних бобовых в фазу стеблевания. При провяливании в расстил с плющением (СВ около 45% в течение 28 световых часов) концентрация ОЭ в 1 кг СВ составляла 11,04 МДж, а СП – 229,8 г. Снижение питательности по вариантам опыта у галеги восточной составило в 1 варианте в фазу стеблевания 2,5-6%, бутонизации – 3-6,5%, во втором варианте в фазу стеблевания – 3-8%, бутонизации – 3,5-8,5%, в 3 варианте - 3,5-9% и 4-10% соответственно, в 4 варианте - 5-10% и 6-11% соответственно (таблица 1).

**Таблица 1 – Концентрация ОЭ и СП в 1 кг сухого вещества галеги восточной при разных вариантах проявливания**

Фаза стеблевания				Фаза бутонизации			
Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г	Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г
Скашивание в расстил с плющением							
-	14,2	11,75	245,8	-	17,2	11,06	221,9
9	36,3	11,46	238,4	9	35,4	10,73	213,1
18	41,1	11,16	233,5	19	40,2	10,51	209,0
28	45,9	11,04	229,8	31	45,3	10,40	206,4
Снижение питательности, %		2,5-6	3-6,5	Снижение питательности, %		3-6,5	3,5-7
Скашивание в расстил без плющения							
-	14,2	11,75	245,8	-	17,2	11,06	221,9
10	35,8	11,40	237,2	10	35,7	10,67	213,0
21	40,9	11,04	229,1	22	40,9	10,29	206,4
31	45,2	10,81	224,9	34	45,2	10,12	201,9
Снижение питательности, %		3-8	3,5-8,5	Снижение питательности, %		3,5-8,5	4-9
Скашивание в валок с плющением							
-	14,2	11,75	245,8	-	17,2	11,06	221,9
12	36,6	11,34	236,0	11	35,9	10,62	212,0
23	41,0	10,87	227,4	25	41,2	10,18	200,0
38	46,6	10,69	222,4	40	45,7	9,89	197,5
Снижение питательности, %		3,5-9	4-9,5	Снижение питательности, %		4-10	4,5-11
Скашивание в валок без плющения							
-	14,2	11,75	245,8	-	17,2	11,06	221,9
12	35,8	11,16	232,3	12	35,7	10,40	207,5
25	40,9	10,81	218,8	26	40,9	10,06	199,7
39	45,2	10,57	223,7	42	45,3	9,84	195,3
Снижение питательности, %		5-10	5,5-11	Снижение питательности, %		6-11	6,5-12

У клевера лугового, убранный в фазу стеблевания, снижение концентрации ОЭ за время проявливания его до СВ около 35% (в течение первых 5-7 часов) во всех изучаемых вариантах было минимальным и составляло от 1,5% (в расстил с плющением) до 3% (в валок без плющения). При этом снижение концентрации СП в этих вариантах составляло от 2,0 до 3,5% соответственно. При дальнейшем проявливании снижение энергетической и протеиновой питательности было более существенным. Через 9-15 световых часов (при СВ около 40%) снижение концентрации ОЭ составляло от 3% (вариант – в расстил с плющением) до 6% (в валок без плющения), СП – от 3,1% (вариант – в расстил с плющением) до 7,5% (вариант – в валок без плющения). Максимальное снижение изучаемых показателей наблюдалось в фазу бутонизации через 23-25 световых часов (СВ около 45%) при скашивании в валок с плющением (ОЭ на 6,5%, СП на 7%) и без плющения (ОЭ 8%, СП на 8,5%). Наиболее быстрое проявление до СВ около 45% за 15 световых часов с минимальным снижением питательности (ОЭ – 4%, СП – 4,5%) было отмечено при скашивании в расстил с плющением, когда концентрация ОЭ и СП в 1 кг сухого вещества составляла 10,89 МДж и 215,9 г. При скашивании клевера лугового в фазу бутонизации снижение питательности во всех 4 вариантах проявливания было несколько выше, чем убранный в фазу стеблевания. Проявление клевера до сухого вещества около 35% длилось 6-8 часов. При этом, снижение концентрации обменной энергии колебалось от 2 до 3,5% (0,08 МДж ОЭ/ч), а СП – от 2,5 до 4,0%. При дальнейшем проявливании до СВ около 45% (19 ч) максимальные показатели питательности (ОЭ – 10,33 МДж, СП – 206,6 г) наблюдались при скашивании в расстил с плющением (таблица 2).

Динамика изменения концентрации ОЭ и СП у люцерны представлена в таблице 3.

**Таблица 2 — Концентрация ОЭ и СП в 1 кг сухого вещества клевера лугового при разных вариантах проявливания**

Фаза стеблевания				Фаза бутонизации			
Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г	Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г
Скашивание в расстил с плющением							
-	13,2	11,34	226,1	-	17,0	10,82	217,5
5	36,6	11,17	221,6	6	35,9	10,60	212,1
9	41,0	11,00	219,2	12	41,2	10,50	208,8
15	46,6	10,89	215,9	19	45,7	10,33	206,6
Снижение питательности, %		1,5-4,0	2-4,5	Снижение питательности, %		2-4,5	2,5-5
Скашивание в расстил без плющения							
-	13,2	11,34	226,1	-	17,0	10,82	217,5
6	35,4	11,11	220,4	7	35,4	10,55	210,9
11	40,9	10,88	217,1	15	40,8	10,33	206,6
19	45,4	10,77	214,8	19	45,6	10,22	204,5
Снижение питательности, %		2-5	2,5-5	Снижение питательности, %		2,5-5,5	3-6
Скашивание в валок с плющением							
-	13,2	11,34	226,1	-	17,0	10,82	217,5
6	34,8	11,06	219,3	7	35,9	10,50	209,9
13	40,6	10,77	214,7	15	41,2	10,28	205,5
23	45,6	10,66	211,4	23	45,3	10,12	202,2
Снижение питательности, %		2,5-6	3-6,5	Снижение питательности, %		3-6,5	3,5-7
Скашивание в валок без плющения							
-	13,2	11,34	226,1	-	17,0	10,82	217,5
7	34,8	11,00	218,2	8	35,7	10,44	208,8
15	40,6	10,66	209,1	16	40,3	10,06	201,1
25	45,2	10,43	206,9	27	45,7	9,90	197,9
Снижение питательности, %		3-8	3,5-8,5	Снижение питательности, %		3,5-8,5	4-9

**Таблица 3 – Концентрация ОЭ и СП в 1 кг сухого вещества люцерны при разных вариантах проявливания**

Фаза стеблевания				Фаза бутонизации			
Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г	Продолжительность проявливания, световых часов	СВ, %	ОЭ, МДж	СП, г
Скашивание в расстил с плющением							
-	14,8	11,59	243,8	-	17,2	10,64	206,5
7	35,3	11,36	237,7	7	36,4	10,37	200,3
13	40,1	11,18	234,2	13	40,6	10,21	197,2
21	45,5	11,01	231,6	22	45,5	10,05	194,1
Снижение питательности, %		2-5	2,5-5	Снижение питательности, %		2,5-5,5	3-6
Скашивание в расстил без плющения							
-	14,8	11,59	243,8	-	17,2	10,64	206,5
8	36,3	11,30	236,4	8	36,4	10,32	199,2
15	41,1	11,06	231,6	15	40,6	10,05	195,1
22	45,3	10,86	227,9	25	45,7	9,94	192,0
Снижение питательности, %		2,5-6	3-6,5	Снижение питательности, %		3-6,5	3,5-7
Скашивание в валок с плющением							
-	14,8	11,59	243,8	-	17,2	10,64	206,5
9	36,3	11,24	235,2	8	36,4	10,26	198,2
17	41,1	10,83	227,9	15	40,6	9,94	191,0
25	45,8	10,66	223,0	25	46,1	9,73	187,9
Снижение питательности, %		3-8	3,5-8,5	Снижение питательности, %		3,5-8,5	4-9
Скашивание в валок без плющения							
-	14,8	11,59	243,8	-	17,2	10,64	206,5
10	35,9	11,18	234,0	10	35,7	10,21	197,2
22	41,9	10,72	225,5	21	40,9	9,87	189,9
32	45,3	10,54	220,6	32	45,3	9,57	183,7
Снижение питательности, %		3,5-9	4-9,5	Снижение питательности, %		4-10	4,5-11

При проявлении люцерны посевной в фазу стеблевания в течение первых 7-10 часов (для достижения СВ около 35% ) концентрация ОЭ находилась на уровне 11,36-11,18 МДж, что на 2-3,5% ниже, а концентрация СП составляла 237,7-234,0 г, что на 2,5-4% ниже, чем в свежескошенной массе.

Подобные закономерности наблюдались и при уборке люцерны в фазу бутонизации. При дальнейшем проявлении скорость потерь снижалась и составила 0,03 МДж/ч и 0,14-0,18%/ч соответственно.

**Заключение.** При изучении влияния фазы вегетации и технологических параметров на энергетическую и протеиновую питательность исходного сырья многолетних бобовых трав установлено, что максимальная сохранность питательных веществ у всех изученных культур наблюдалась при скашивании в расстил с плущением, снижение питательности составило по ОЭ от 1,5% (клевер) до 2,5 % (галега), по СП от 2% (клевер) до 3% (галега). При скашивании в валок без плущения проявление длилось в течение 39 световых часов и снижение питательности составило в фазу бутонизации по ОЭ от 8,5% (клевер) до 11% (люцерна), по СП - от 9% (клевер) до 12% (галега). В раннюю фазу уборки отмечена наибольшая концентрация обменной энергии (11,75-10,43 МДж) и сырого протеина (243,8-220,6 г). По мере вегетации растений уровень обменной энергии снизился до 11,06-9,57МДж, а содержание сырого протеина – до 206,5-183,7 г. Таким образом, более ранняя фаза развития растения характеризовалась более высоким содержанием обменной энергии относительно фазы бутонизации.

**Conclusion.** When studying the influence of the growing season and technological parameters on the energy and protein nutritional value of the initial raw materials of perennial legume grasses, it was established that the maximum preservation of nutrients in all crops under investigation was observed when cut in spreading with flattening; the decrease in nutritional value amounted in terms of ME from 1.5 % (clover) to 2.5% (galega), CP – 2% (clover) to 3% (galega). When cut into a windrow without flattening, wilting lasted for 39 light hours and the decrease in nutritional value during the budding phase was from 8.5% (clover) to 11% (alfalfa) in ME, from 9% (clover) to 12% (galega) in CP). In the early phase of harvesting, the highest concentration of metabolic energy (11.75-10.43 MJ) and crude protein (243.8-220.6 g) was noted. As the plants grew, the level of metabolic energy decreased to 11.06-9.57 MJ, and the content of crude protein – to 206.5-183.7 g. Thus, the earlier phase of plant development was characterized by a higher content of metabolic energy relative to the budding phase.

**Список литературы.** 1. Ганущенко, О. Ф. Многолетние бобовые травы – недооцененный резерв энергоресурсосбережения в практике кормопроизводства : рекомендации / О. Ф. Ганущенко, Н. Н. Зенькова. - Витебск : ВГАВМ, 2023. – 16 с. 2. Зенькова, Н. Н. Научно-практические рекомендации по планированию и производству кормов для дойного стада : методические рекомендации / Н. Н. Зенькова, В. Г. Микуленок. – Витебск : ВГАВМ, 2018. – 35 с. 3. Изучение показателей силосуемости и питательной ценности зеленой массы галеги восточной в зависимости от фазы уборки, укоса и степени проявлявания / Н. Н. Зенькова [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2021. –Т. 57, № 4. – С. 42-46. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-4-42-47. 4. Научно-технические основы производства и использования кормов в молочном скотоводстве : монография / Н. С. Яковчик [и др.] ; под общ. ред. И. В. Брило. – Минск : 2022. – 492 с. 5. Практическое руководство по использованию кормовых ресурсов в кормопроизводстве : практическое руководство / Н. Н. Зенькова [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Зеньковой, О. Ф. Ганущенко. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 176 с. 6. Современные подходы к приготовлению кормов : учебное пособие / О. Ф. Ганущенко [и др.]. – Москва : Русайнс, 2021. – 416 с. 7. Сырьевая база кормопроизводства и оптимизация приемов заготовки кормов [Электронный ресурс] / Н. Н. Зенькова [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2021. – 356 с. - Режим доступа : <https://www.vsavm.by/kafedra-kormoproizvodstva-i-proizvo/literatura>. – Дата доступа : 15.07.2022. 8. Кормопроизводство с основами ботаники. Практикум : учебное пособие / Т. М. Шлома [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 131 с. 9. Зенькова, Н. Н. Сравнительная оценка питательности консервированных кормов из галеги восточной / Н. Н. Зенькова, О. Ф. Ганущенко, М. О. Моисеева // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 2. – С. 65–69. 10. Зенькова, Н. Н. Продуктивность и качественный состав зеленой массы галеги восточной в зеленом конвейере / Н. Н. Зенькова // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2017. – Т. 53, вып. 1. – С. 205–208.

**References.** 1. Ganushenko, O. F. Mnogoletnie bobovye travy – nedoocenennyj rezerv energoresursosberezheniya v praktike kormoproizvodstva : rekomendacii / O. F. Ganushenko, N. N. Zenkova. - Vitebsk : VGAVM, 2023. – 16 s. 2. Zenkova, N. N. Nauchno-prakticheskie rekomendacii po planirovaniyu i proizvodstvu kormov dlya dojnogo stada : metodicheskie rekomendacii / N. N. Zenkova, V. G. Mikulenok. – Vitebsk : VGAVM, 2018. – 35 s. 3. Izuchenie pokazatelej silosuемости i pitatelnoj cennosti zelenoj massy galegi vostochnoj v zavisimosti ot fazy uborki, ukosa i stepeni provyalivaniya / N. N. Zenkova [i dr.] //Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny». – 2021. –Т. 57, № 4. – С. 42-46. – DOI 10.52368/2078-0109-2021-57-4-42-47. 4. Nauchno-tehnicheskie osnovy proizvodstva i ispolzovaniya kormov v molochnom skotovodstve : monografiya / N. S. Yakovchik [i dr.] ; pod obsh. red. I. V. Brilo. – Minsk : 2022. – 492 s. 5. Prakticheskoe rukovodstvo po ispolzovaniyu kormovyh resursov v kormoproizvodstve : prakticheskoe rukovodstvo / N. N. Zenkova [i dr.]; pod obsh. red. N. N. Zenkovej, O. F. Ganushenko. – Vitebsk : VGAVM, 2021. – 176 s. 6. Sovremennye podhody k prigotovleniyu kormov : uchebnoe posobie / O. F. Ganushenko [i dr.]. – Moskva : Rusajns, 2021. – 416 s. 7. Syryevaya baza kormoproizvodstva i optimizacija priemov zagotovki kormov [Elektronnyj resurs] / N. N. Zenkova [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2021. – 356 s. - Rezhim dostupa : <https://www.vsavm.by/kafedra-kormoproizvodstva-i-proizvo/literatura>. – Data dostupa : 15.07.2022. 8. Kormoproizvodstvo s osnovami botaniki. Praktikum : uchebnoe posobie / T. M. Shloma [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 131 s. 9. Zenkova, N. N. Sravnitel'naya ocenka pitatel'nosti konservirovannykh kormov iz galegi vostochnoj / N. N. Zenkova, O. F. Ganushenko, M. O. Moiseeva // Veterinarnyj zhurnal Belarussi. – 2022. – № 2. – S. 65–69. 10. Zenkova, N. N. Produktivnost' i kachestvennyj sostav zelenoj massy galegi vostochnoj v zelenom konveyere / N. N. Zenkova // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy mediciny». – 2017. – T. 53, vyp. 1. – S. 205–208.

dr.]. – Moskva : Rusajns, 2021. – 416 s. 7. Syrevaya baza kormoproizvodstva i optimizaciya priemov zagotovki kormov [Elektronnyj resurs] / N. N. Zenkova [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2021. – 356 s. - Rezhim dostupa : <https://www.vsavm.by/kafedra-kormoproizvodstva-i-proizvo/literatura>. – Data dostupa : 15.07.2022. 8. Kormoproizvodstvo s osnovami botaniki. Praktikum : ucheb-noe posobie / T. M. Shloma[i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 131 s. 9. Zenkova, N. N. Sravnitel'naya ocenka pitatelnosti konservirovannyh kormov iz galegi vostochnoj / N. N. Zenkova, O. F. Ganushenko, M. O. Mo-iseeva // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2022. – № 2. – S. 65–69. 10. Zenkova, N. N. Produktivnost i kachestvennyj sostav zelenoj massy galegi vostochnoj v zelenom konvejere / N. N. Zenkova // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj me-diciny». – 2017. – T. 53, vyp. 1. – S. 205–208.

Поступила в редакцию 22.03.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-112-116  
УДК 611.37

**УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ  $^{137}\text{Cs}$  В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ  
РАЗНОГО УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В АРЕАЛЕ ОБИТАНИЯ**

**\*Ковалев К.Д., \*\*Юрченко И.С., \*Федотов Д.Н. ORCID ID 0000-0003-3366-8704**

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

\*\*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный  
радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Республика Беларусь

*Цель исследований – определить удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в костной и мышечной ткани, печени и поджелудочной железе у енотовидных собак в зависимости от среды обитания (с разной плотностью радиоактивного загрязнения территории и учетом снятия антропогенной нагрузки).*

*Впервые было определено содержание  $^{137}\text{Cs}$  в поджелудочной железе и корреляция данного показателя с количеством несвойственных анатомических видоизменений вышеуказанной железы у енотовидной собаки, обитающей в зоне снятия антропогенной нагрузки (30 км зона от Чернобыльской АЭС). **Ключевые слова:** енотовидная собака, радионуклид  $^{137}\text{Cs}$ , зона отчуждения.*

**SPECIFIC ACTIVITY OF  $^{137}\text{Cs}$  IN TISSUES AND ORGANS OF THE RACCOON DOG WHEN EXPOSED  
TO DIFFERENT LEVEL OF RADIOACTIVE POLLUTION IN THE HABITAT**

**\*Kovalev K.D., \*\*Yurchenko I.S., \*Fiadotau D.N.**

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

\*\*State Environmental Research Institution "Polesie State Radioecological Reserve (PSRER)",  
Khoyniki, Republic of Belarus

*The objective of the research is to determine the  $^{137}\text{Cs}$  specific activity in the bone and muscle tissues, liver and pancreas of a raccoon dogs depending on the habitat (with different densities of radioactive contamination in the territory and taking into account the removal of anthropogenic load).*

*For the first time, the content of  $^{137}\text{Cs}$  in the pancreas was determined, and the correlation of this indicator with the number of unusual anatomical modifications of the above mentioned gland in the raccoon dog living in the zone of removal of anthropogenic load (30 km zone from the Chernobyl nuclear power station). **Keywords:** raccoon dog,  $^{137}\text{Cs}$ , radionuclide, exclusion zone.*

**Введение.** Вопрос адаптации биологических видов к различным стресс-факторам окружающей среды является актуальным для исследователей на протяжении многих десятилетий. Наиболее распространенным фактором, влияющим на количественные и качественные признаки вида, помимо эволюционной изменчивости, являются мутации – резкое изменение в наследственном аппарате клетки, возникшее под действием каких-либо факторов, в том числе и радиации.

На территории Республики Беларусь уже более 35 лет ведется непрерывная работа по усовершенствованию радиационной безопасности населения и окружающей среды.

На территории белорусского сектора зоны отчуждения создано государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», в котором непрерывно проводится радиационно-экологический мониторинг и контроль состояния загрязненной радионуклидами ближней зоны Чернобыльской АЭС.

Опираясь на данные радиометрических исследований местности, можно оценивать не только загрязненность радионуклидами данного участка биосферы, но также и индивидуальные и популяционные изменения отдельных биологических видов.

Научных работ, посвященных изучению морфологии поджелудочной железы енотовидных собак в зоне отчуждения (30 км зона от Чернобыльской АЭС), в мире учеными не проводилось. Поэтому наши оригинальные исследования являются актуальными для понятия морфогенеза желез внешней и внутренней секреции у млекопитающих в зоне снятия антропогенной нагрузки и при действии на организм радиоактивного загрязнения (как одного из экстремальных факторов среды обитания), что даст морфологический базис изменений поджелудочной железы при адаптивно-приспособительных реакциях енотовидной собаки.

**Цель наших исследований** – определить удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в костной и мышечной ткани, печени и поджелудочной железе у енотовидных собак в зависимости от среды обитания (с

разной плотностью радиоактивного загрязнения территории и учетом снятия антропогенной нагрузки).

**Материалы и методы исследований.** Морфологические исследования выполнялись на кафедре патологической анатомии и гистологии УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Животные отлавливались путем постановки капканов № 1-5, вскрытие проводили в условиях отдела экологии фауны государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник». Материал для исследования отбирался от 24 енотовидных собак, обитающих на загрязненной радионуклидами территории заповедника (зона отчуждения) в бывших населенных пунктах вблизи водоемов.

Животных поделили на 4 группы, в зависимости от ареала обитания и плотности радиоактивного загрязнения: группа I – река Припять (в районе б.н.п. Красноселье); группа II – река Несвич; группа III – мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи; группа IV – озеро Персток. Определена плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора, так как вода является как транспортной средой (поверхностный и внутриводный сток в прибрежных экосистемах), так и субстратом, в котором протекают первые процессы трансформации химических форм радионуклидов.

**Таблица 1 – Плотность радиоактивного загрязнения почвы территории водосбора**

Водоем	Плотность радиоактивного загрязнения, кБк/м <sup>2</sup>	
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Река Припять	1129±221	81±21
Река Несвич	12771±2554	769±167
Озеро Семеница	999±184	69±19
Озеро Гнездное	271±54	44±13
Мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи	1427±285	132±31

<sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs, поступающие в водоем, попадают в воду, переносятся и аккумулируются из нее грунтами и гидробионтами, их средняя удельная активность в воде исследуемых водных объектов представлена в таблице 2.

**Таблица 2 – Концентрация радионуклидов в воде исследуемых водных объектов, Бк/л**

Водоем	Удельная активность, Бк/л	
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
Река Припять (в районе б.н.п. Красноселье)	<2	0,39
Озеро Семеница	<1,11	1,0
Озеро Жартай	2,25	0,23
Озеро Вьюры	1,13	<20
Река Несвич (в районе б.н.п. Кулажин)	6,60	4,1
Мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи	2,08	<20
Озеро Персток	8,60	13,91

Определение удельной активности <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в объектах проводили гамма-спектрометрическим методом. Радиоспектрометрический анализ проведен в лаборатории спектрометрии и радиохимии государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» с использованием гамма-бета спектрометра МКС-АТ1315 и гамма-спектрометра «Canberra».

Топография описывалась с учетом голотопии и синтопии. Терминология приводилась в соответствии с Международной анатомической ветеринарной номенклатурой. Также отмечали цвет, консистенцию, поверхность и форму органов. Макрофотографирование проводили при помощи цифрового фотоаппарата Lumix (Panasonic) и также привели схематические рисунки органов.

Все цифровые данные, полученные при проведении морфологических исследований, были обработаны с помощью компьютерного программного профессионального статистического пакета «IBM SPSS Statistics 21».

**Результаты исследований.** В результате проведенных исследований установлено, что поджелудочная железа енотовидных собак П-образной формы и состоит из тела, располагающегося в краниальном изгибе двенадцатиперстной кишки, плотно прилегая к ее стенке, которое соединяет правую и левую доли железы; правой доли, которая располагается в брыжейке двенадцатиперст-

ной кишки и простирается до правой почки; и левой доли, которая расположена между листками сальника и доходит до селезенки и левой почки.

Радиологическому анализу у исследуемых енотовидных собак подверглись: мышечная и костная ткань, поджелудочная железа и печень.

Данные по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в исследуемых тканях и органах енотовидной собаки, обитающей на территории высокого радиоактивного загрязнения, представлены в таблице 1.

**Таблица 3 – Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях енотовидной собаки в зависимости от ареала обитания**

Группы животных, ареал обитания	Содержание $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг			
	Мышечная ткань	Костная ткань	Поджелудочная железа	Печень
Группа I – река Припять (в районе б.н.п. Красноселье) (n=4)	1670,75±414,42	986,25±668,86	1117,75±412,05	903,25±108,02
Группа II – река Несвич (n=5)	6400,4±1457,21***	3795,0±1231,27***	4566,0±1926,53***	3869,0±1584,31***
Группа III – мелиоративный канал вблизи б.н.п. Оревичи (n=4)	4693,5±1938,21*	2461,0±431,44*	2362,0±881,7**	2547,5±864,34*
Группа IV – озеро Персток (n=11)	22449,09±2606,1***	6213,82±2013,97**	10290,73±2606,7***	7863,0±2551,6***

Примечания: \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$ ; \* - по отношению к предыдущему периоду.

Исходя из данных таблицы, установлено, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в различных органах и тканях у енотовидных собак, обитающих на территории б.н.п. Красноселье, значительно различается. Наименьшее среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  у енотовидных собак данной группы наблюдается в печени и составляет 903,25±108,02 Бк/кг, что на 8,42% меньше чем в костной ткани, где данный показатель составляет 986,25±668,86 Бк/кг. В поджелудочной железе и в мышечной ткани данный показатель составляет 1117,75±412,05 Бк/кг и 1670,75±414,42 Бк/кг соответственно, что указывает на большую радиочувствительность данного органа и ткани.

У енотовидных собак, обитающих на территории мелиоративного канала вблизи б.н.п. Оревичи (группа III), наблюдается более повышенное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в органах и тканях по отношению к енотовидным собакам, обитающим вблизи б.н.п. Красноселье. Наибольшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в мышечной ткани и составляет 4693,5±1938,21 Бк/кг ( $p < 0,05$ ), что на 180,92% больше, чем у животных 1 группы. В костной ткани содержание  $^{137}\text{Cs}$  составляет 2461,0±431,44 Бк/кг ( $p < 0,05$ ), увеличение по отношению к енотовидным собакам предыдущей группы составляет 149,53%. Наименьшее значение данного показателя у енотовидной собаки наблюдается в поджелудочной железе и составляет 2362,0±881,7 Бк/кг ( $p < 0,01$ ), увеличение содержания  $^{137}\text{Cs}$  составляет 111,32% по отношению к особям предыдущей группы. Содержание данного радионуклида в печени составляет 2547,5±864,34 Бк/кг ( $p < 0,05$ ), что на 182,04% выше, чем у животных, обитающих в районе б.н.п. Красноселье.

У енотовидной собаки, обитающей на территории реки Несвич, наивысшая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  отмечается в мышечной ткани и составляет 6400,4±1457,21 Бк/кг ( $p < 0,001$ ), что на 36,37% выше, чем у особей, обитающих вблизи б.н.п. Оревичи. Следующим органом по максимальной концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в данной группе является поджелудочная железа, концентрация в ней составляет 4566,0±1926,53 Бк/кг ( $p < 0,001$ ), что на 93,31% выше, чем у животных 3 группы. Меньшее содержание данного радионуклида наблюдается в костной ткани и печени, оно составляет 3795±1231,27 Бк/кг ( $p < 0,001$ ) и 3869,0±1584,31 ( $p < 0,001$ ) Бк/кг, что на 54,21% и 51,87% больше, чем в аналогичных органах и тканях у енотовидных собак 3 группы.

Наивысшее содержание  $^{137}\text{Cs}$  регистрируется у енотовидных собак, обитающих вблизи озера Персток. Средняя концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в мышечной ткани у данной группы составляет 22449,09±2606,1 Бк/кг ( $p < 0,001$ ), что на 1243,65% выше, чем у животных, обитающих на территории реки Припять. В поджелудочной железе данный показатель составляет 10290,73±2606,7 Бк/кг ( $p < 0,001$ ), что на 820,66% больше, чем у енотовидных собак 1 группы. В печени содержание  $^{137}\text{Cs}$  на 770,52% выше, чем у животных, обитающих на территории реки Припять, и составляет 7863,0±2551,6 Бк/кг ( $p < 0,001$ ). Наименьшая концентрация данного радионуклида отмечается в кост-

ной ткани и составляет  $6213,82 \pm 2013,97$  Бк/кг ( $p < 0,01$ ), что на 530,05% выше, чем у енотовидных собак, обитающих в б.н.п. Красноселье.

Впервые установлено наличие анатомических трансформаций (формообразования) поджелудочной железы у енотовидных собак в отличие от нормы (ранее нами установленной). В среднем в 40% случаев наблюдается неизменная форма железы – П-образная, треугольное тело, лентовидная, равномерно утонченная правая доля, которая заканчивается булавовидным или треугольным расширением, и более широкая (по отношению к правой доле) левая доля, которая заканчивается умеренным булавовидным уплотнением. В остальных 60% случаев общая форма железы остается неизменной, но анатомический вид долей и тела железы становится причудливым и нехарактерным для данного вида животных – резкое утолщение правой доли железы и булавовидные расширения с паренхиматозным перешейком на протяжении всей левой доли железы, в том числе 30% в группе I, 60% в группе II, 50% в группе III, 80% в группе IV. Во всех исследуемых ареалах обитания у енотовидных собак поджелудочная железа серо-красноватого цвета и упругой консистенции.

**Заключение.** В результате проведенных исследований установлено, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в тканях и органах коррелирует от места обитания енотовидной собаки. Это связано с различным содержанием радионуклидов в воздухе, почве и воде на этих территориях. Установлено, что наивысшая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  наблюдается у енотовидных собак, обитающих на территории озера Персток, что указывает на наибольшую загрязненность данной территории радионуклидами. А также, что наименее загрязненной является территория вблизи реки Припять (в районе б.н.п. Красноселье), что доказывается наименьшим содержанием радионуклидов в органах и тканях енотовидной собаки, обитающей в данной территории.

Впервые было определено содержание  $^{137}\text{Cs}$  в поджелудочной железе и корреляция данного показателя с количеством несвойственных анатомических видоизменений вышеуказанной железы у енотовидной собаки, обитающей в зоне снятия антропогенной нагрузки (30 км зона от Чернобыльской АЭС).

**Conclusion.** As a result of the research, it was established that the level of  $^{137}\text{Cs}$  in tissues and organs correlates with the habitat of the raccoon dog. This is due to the different content of radionuclides in the air, soil and water in these areas. It has been established that the highest concentration of  $^{137}\text{Cs}$  is observed in raccoon dogs living in the territory of Lake Perstok, which indicates the greatest contamination of this territory with radionuclides. And it also has been found that the least contaminated area is the area near the Pripyat River (in the area of the Krasnoselye settlement), which is proven by the lowest content of radionuclides in the organs and tissues of the raccoon dog living in this area.

For the first time, the content of  $^{137}\text{Cs}$  in the pancreas was determined, and the correlation of this indicator with the number of unusual anatomical modifications of the above mentioned gland in the raccoon dog living in the zone of removal of anthropogenic load (30 km zone from the Chernobyl nuclear power station).

**Список литературы.** 1. Бондарь, Ю. И. Вертикальное распределение  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$  в почве при прохождении пожаров на территории Белорусского сектора зоны отчуждения / Ю. И. Бондарь, В. И. Садчиков, В. Н. Калинин // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века : матер. 15-й межд. науч. конф., 21–22 мая 2015 г. / под ред. С. С.Позняка, Н. А. Лысухо. – Минск, 2015. – С 200. 2. Кучмель, С. В. Видовое разнообразие млекопитающих отрядов Насекомоядные (Insectivora), Зайцеобразные (Lagomorpha), Хищные (Carnivora), Грызуны (Rodentia) и Парнокопытные (Artiodactyla) Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / С. В. Кучмель // Фаунистические исследования в Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике : сб. науч. тр.; под ред. Г. В. Анципова. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2008. – С. 38–64. 3. Гулаков, А. В. Накопление и распределение  $^{137}\text{Cs}$  в организме хищных животных / А. В. Гулаков // ВісникДніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, № 1. – С. 68–73. 4. Экологические и морфологические аспекты мониторинга органов гомеостатического обеспечения у енотовидной собаки в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС: монография / Д. Н. Федотов, Х. Б. Юнусов, К. Д. Ковалев. – Ташкент : Издательство «Навруз», 2021. – 94 с. 5. Ковалев, К. Д. Возрастные особенности анатомического строения и роста поджелудочной железы у енотовидной собаки, обитающей на загрязненной радионуклидами территории белорусского сектора зоны отчуждения / К. Д. Ковалев, Д. Н. Федотов // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2021. – Т. 57, вып. 1. – С. 124–128. 6. Ковалев, К. Д. Возрастной мониторинг содержания  $^{137}\text{Cs}$  в поджелудочной железе у енотовидной собаки на территории, загрязненной радионуклидами. / К. Д. Ковалев, Д. Н. Федотов, И. С. Юрченко // Радиозкологические последствия радиационных аварий – к 35-ой годовщине аварии на ЧАЭС : сборник докладов Международной научно-практической конференции, Обнинск, 22–23 апреля 2021 г. / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой, д.т.н. В.М. Шершакова. – Обнинск : ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2021. – С. 87–88.

**References.** 1. Bondar, Yu. I. Vertikalnoe raspredelenie  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{241}\text{Am}$  v pochve pri prohozhenii pozharov na territorii Belorusskogo sektora zony otchuzhdeniya / Yu. I. Bondar, V. I. Sadchikov, V. N. Kalinin // Saharovskie chteniya 2015 goda: ekologicheskie problemy XXI veka : mater. 15-j mezhd. nauch. konf., 21–22 maya 2015 g. / pod red. S. S.Poznyaka, N. A. Lysuho. – Minsk, 2015. – S 200. 2. Kuchmel, S. V. Vidovoe raznoobrazie mlekopitayushih otryadov Nasekomoyadnye (Insectivora), Zajceobraznye (Lagomorpha), Hishnye (Carnivora),

Gryzuny (Rodentia) i Parnokopytnye (Artiodactyla) Polesskogo gosudarstvennogo radiacionno-ekologicheskogo zapovednika / S. V. Kuchmel // Faunisticheskie issledovaniya v Polesskom gosudarstvennom radiacionno-ekologicheskome zapovednike : sb. nauch. tr.; pod red. G. V. Ancipova. – Gomel : RNIUP «Institut radiologii», 2008. – S. 38–64. 3. Gulakov, A. V. Nakoplenie i raspredelenie <sup>137</sup>Cs v organizme hishnyh zhivotnyh / A. V. Gulakov // VisnikDnipropetrovskougouniversitetu. Biologiya. Ekologiya. – 2008. – Vip. 16, № 1. – S. 68–73. 4. Ekologicheskie i morfologicheskie aspekty monitoringa organov gomeostaticeskogo obespecheniya u enotovidnoj sobaki v zone otchuzhdeniya Chernobylskoj AES: monografiya / D. N. Fedotov, H. B. Yunusov, K. D. Kovalev. – Tashkent : Izdatelstvo «Navruz», 2021. – 94 s. 5. Kovalev, K. D. Vozrastnye osobennosti anatomicheskogo stroeniya i rosta podzheludochnoj zhelezy u enotovidnoj sobaki, obitayushej na zagryaznennoj radionuklidami territorii belorusskogo sektora zony otchuzhdeniya / K. D. Kovalev, D. N. Fedotov // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2021. – T. 57, vyp. 1. – S. 124–128. 6. Kovalev, K. D. Vozrastnoj monitoring sodержaniya <sup>137</sup>Cs v podzheludochnoj zheleze u enotovidnoj sobaki na territorii, zagryaznennoj radionuklidami. / K. D. Kovalev, D. N. Fedotov, I. S. Yurchenko // Radioekologicheskie posledstviya radiacionnyh avarij – k 35-oj godovshine avarii na ChAES : sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Obninsk, 22–23 aprelya 2021 g. / Pod red. chl.-korr. RAN N.I. Sanzharovoj, d.t.n. V.M. Sher-shakova. – Obninsk : FGBNU VNIIRAE, 2021. – S. 87–88.

Поступила в редакцию 18.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-116-121

УДК 631.81.095.337

### АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРМИКОПОСТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА

Коровин А.А. ORCID ID 0009-0004-2565-1149, Голембовский В.В. ORCID ID 0000-0003-3124-0587, Сергеева Н.В. ORCID ID 0000-0002-7077-3960

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Российская Федерация

В статье представлены результаты агрохимических и санитарно-бактериологических исследований вермикомпоста, полученного из навоза овец, крупного рогатого скота и куриного помета при помощи червей *Dendrobaena Veneta* и *Eisenia fetida*. Установлено, что содержание органических и минеральных веществ различается как в первичном субстрате, так и в вермикомпосте. Соответствие показателей полученных видов вермикомпоста требованиям ГОСТ позволяет рекомендовать технологию вермикомпостирования для переработки токсичных отходов животноводства и получения комплексных органоминеральных удобрений. **Ключевые слова:** навоз крупного рогатого скота, навоз овец, куриный помет, вермикомпостирование, агрохимический состав вермикомпоста, дождевые черви.

### AGROCHEMICAL FEATURES OF VERMICOMPOST OBTAINED FROM DIFFERENT TYPES OF ANIMAL BY-PRODUCTS

Korovin A.A., Golembovsky V.V., Sergeeva N.V.

FSBSI "North Caucasus FARC", Mikhaylovsk, Russian Federation

The results of agrochemical and sanitary-bacteriological studies of vermicompost obtained from sheep, cattle and chicken manure with the help of worms *Dendrobaena Veneta* and *Eisenia fetida* are presented. It was found that the content of organic and mineral substances differed in both primary substrate and vermicompost. The compliance of the obtained vermicompost types with the requirements of GOST allows us to recommend the vermicomposting technology for processing toxic animal waste and obtaining complex organomineral fertilizers. **Keywords:** cattle manure, sheep manure, chicken manure, vermicomposting, agrochemical composition of vermicompost, earthworms.

**Введение.** В настоящее время перед производителями сельскохозяйственной продукции остро стоят две проблемы: как увеличить урожайность продовольственных и технических культур в условиях прогрессивной деградации и снижения плодородия почв [1], и как утилизировать все возрастающий объем накапливаемых токсичных отходов животноводства и птицеводства [2, 3, 4]. Без устранения дисбаланса органических и минеральных компонентов почв, обусловленного внесением все возрастающего количества удобрений и агрохимикатов на фоне неблагоприятных геоклиматических и антропогенных факторов, решение проблем продовольственной и экологической безопасности не представляется возможным [5].

Сложившаяся социально-экономическая обстановка вынуждает изыскивать альтернативные источники сырья для разработки и внедрения экономически выгодных технологий производства удобрений [6], одними из которых могут выступать продукты жизнедеятельности животных и птиц в виде различных видов навоза и помета [7, 8].

Используемый в качестве природного восстановителя плодородия почв навоз по праву признан природным аккумулятором органических и минеральных веществ [9].

В свою очередь вермикомпостирование позволяет значительно ускорить процесс переработки отходов животноводства и птицеводства и получить экологически чистые органоминеральные удобрения [10].

**Целью исследования** явилось изучение агрохимического, бактериологического и паразитологического состава вермикомпостов, полученных при переработке сельскохозяйственных отходов животного происхождения: навоза овец, крупного рогатого скота (КРС) и куриного помета.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводили в 2023 г. в ВНИИОК – филиале ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». В качестве производителя вермикомпоста были использованы черви семейства *Lumbricidae*: *Dendrobaena Veneta* и *Eisenia fetida*. Сырьем послужили навоз КРС (I), навоз овец (II) и куриный помет (III). Процесс вермикомпостирования происходил в вертикальных вермиреакторах при температуре субстрата 18-25° С и влажности 60-80% в течение 2 месяцев. Агрохимические и санитарно-бактериологические исследования проводились по утвержденным стандартным методикам в ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Ставропольский» и Испытательном центре ФГБУ «Северо-Кавказская межрегиональная ветеринарная лаборатория».

Результаты исследований вермикомпостов из навоза КРС и птичьего помета сравнивали на соответствие с показателями, приведенными в ГОСТ Р 56004-2014 «Удобрения органические. Вермикомпосты». Для вермикомпоста, полученного на основе навоза овец, нормативные показатели отсутствуют.

Агрохимические показатели навоза и помета характеризуются определенными различиями, которые мы связываем не только с видовыми особенностями, но и характером кормления и содержания животных (рисунки 1-3).

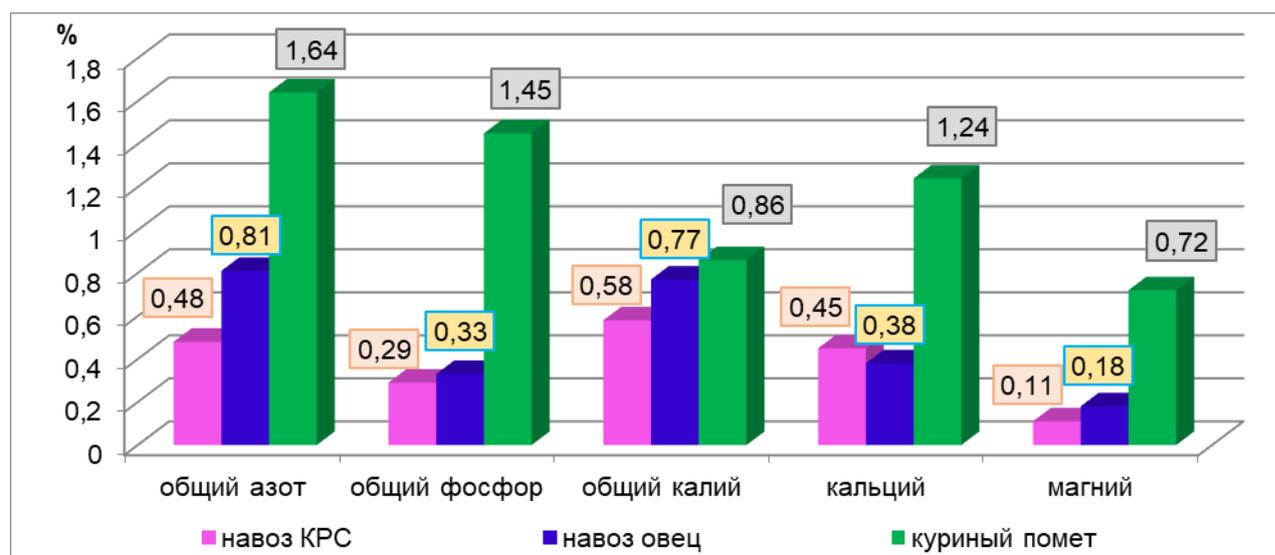


Рисунок 1 — Агрохимические показатели навоза КРС (I), навоза овец (II), куриного помета (III), %

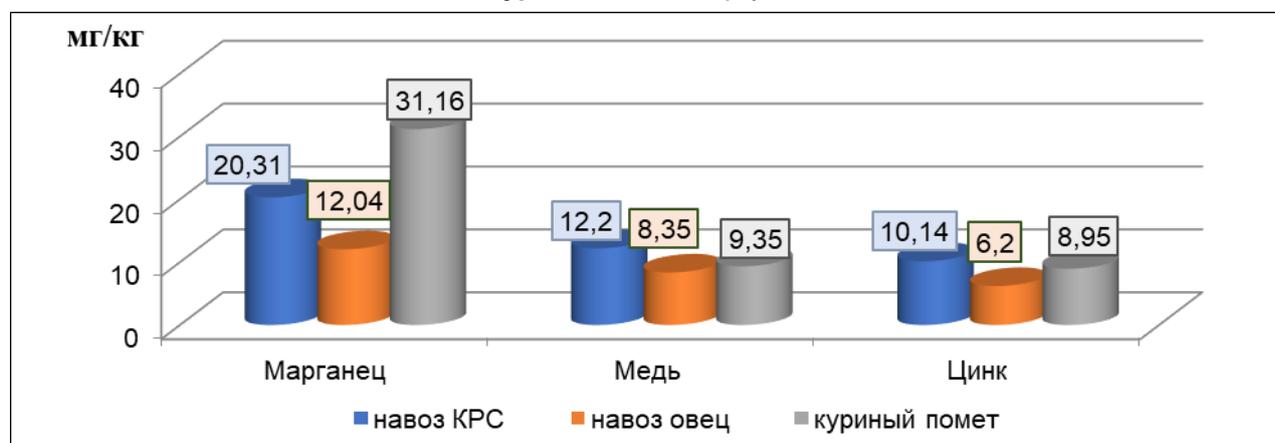


Рисунок 2 — Содержание микроэлементов в навозе КРС (I), навозе овец (II), курином помете (III), мг/кг

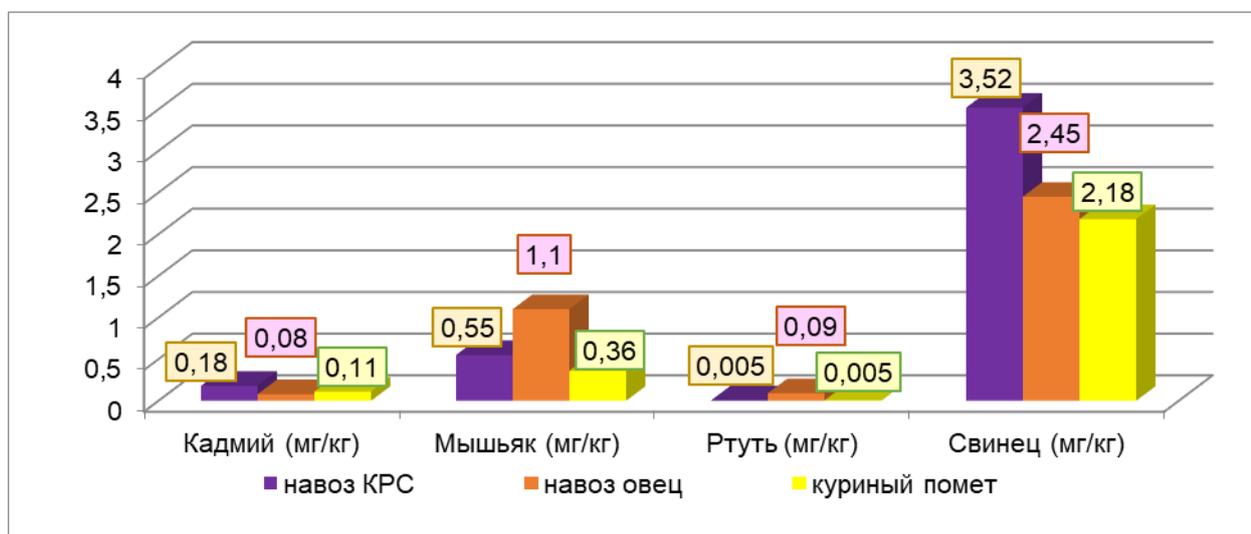


Рисунок 3 — Содержание тяжелых металлов в навозе КРС (I), навозе овец (II), курином помете (III), мг/кг

**Результаты исследований.** Исследования показали, что во всех пробах полученного вермикомпоста не были обнаружены личинки и куколки синантропных мух, энтерококки, сальмонеллы, личинки и яйца гельминтов, цисты кишечных простейших. Индекс БГКП соответствовал допустимым значениям. Таким образом, санитарно-бактериологические и санитарно-паразитологические показатели соответствовали требованиям ГОСТ Р 56004-2014.

Показатель активности водородных ионов (рН) вермикомпоста сохранялся в пределах 6,82 (III) – 7,7 (II). рН вермикомпоста из навоза КРС (I) в основном располагался в зоне 7,0-7,1.

Агрохимические исследования вермикомпоста, полученного из навоза овец, КРС и куриного помета выявили превышение количественных показателей питательных веществ и минералов, по сравнению со свежим навозом и пометом. При этом доля питательных веществ (кроме калия общего) в вермикомпосте из навоза КРС уступала таковым в вермикомпосте из овечьего навоза. Доля питательных веществ, характерная для вермикомпоста из куриного помета, была максимальной (рисунок 4).

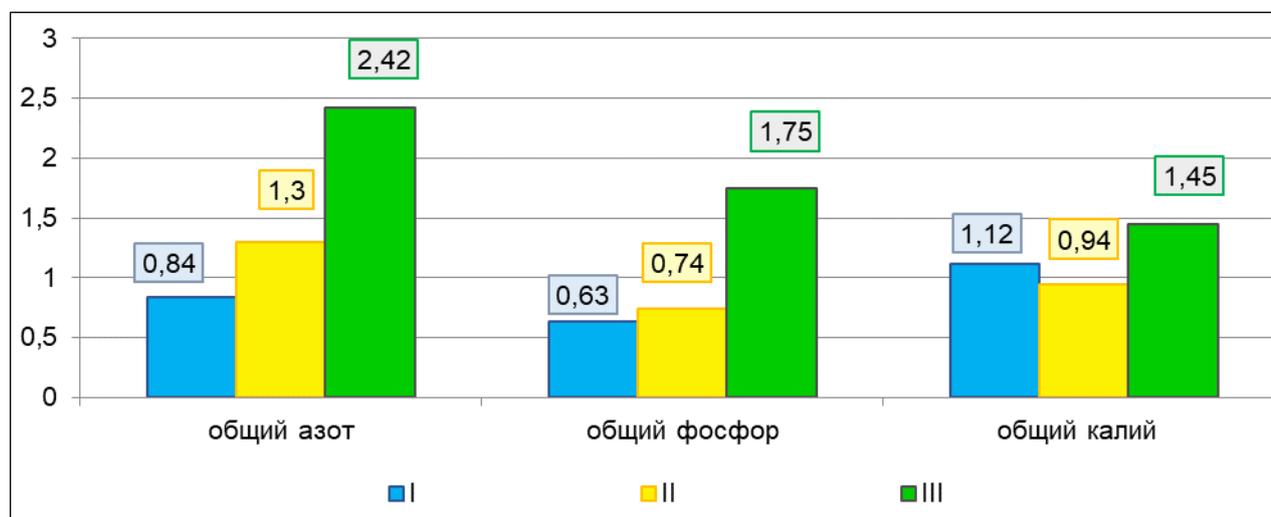
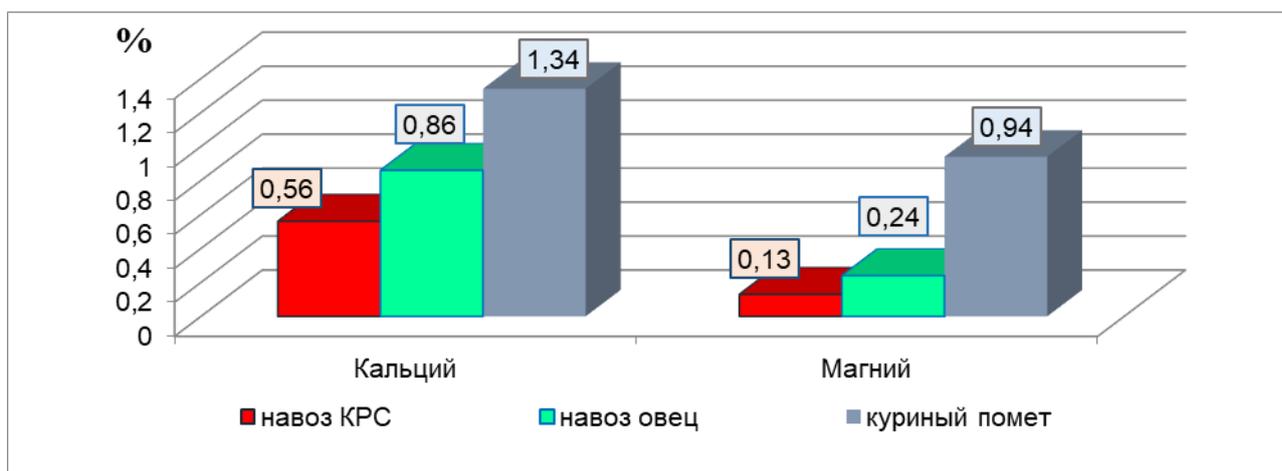


Рисунок 4 — Массовая доля питательных веществ вермикомпоста, полученного в результате переработки навоза КРС (I), навоза овец (II), куриного помета (III), %

Мы полагаем, что причиной является первичный химический состав навоза и помета, используемых в качестве сырья для производства вермикомпоста.

Для содержания кальция и магния в вермикомпостах характерна та же динамика, что и для питательных веществ, т.е. минимальные значения свойственны вермикомпосту, выработанному из навоза КРС, за ним следуют показатели вермикомпоста из навоза овец, и максимальные значения, свойственные вермикомпосту, выработанному из куриного помета (рисунок 5).

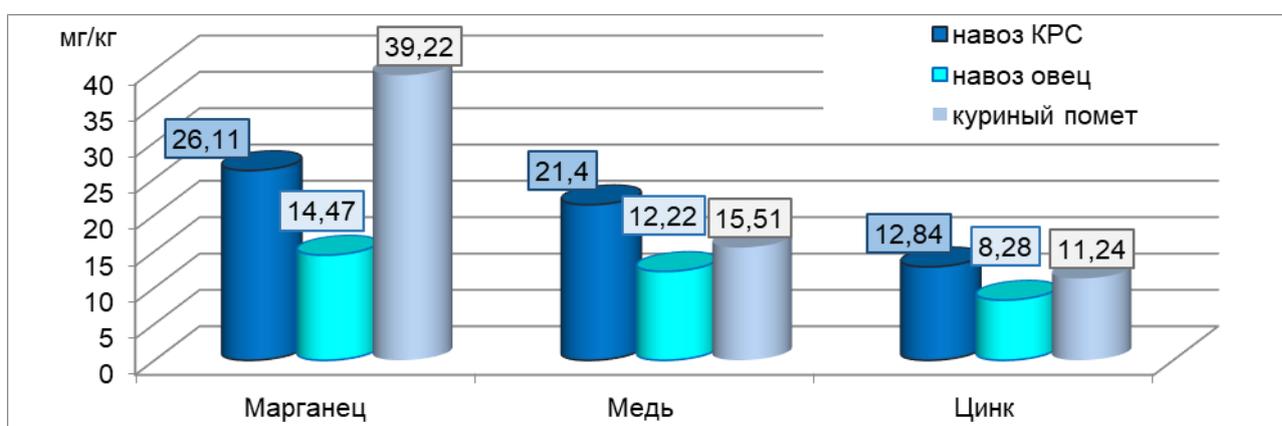


**Рисунок 5 — Содержание кальция и магния в вермикомпостах из навоза КРС (I), навоза овец (II), куриного помета (III), %**

Однако для показателей меди и цинка характерна иная динамика. Здесь максимальные значения свойственны вермикомпосту, выработанному из навоза КРС, средние значения – вермикомпосту из куриного помета, минимальные значения – показатели вермикомпоста, выработанного из овечьего навоза.

Максимальное содержание марганца выявлено в вермикомпосте, выработанном из куриного помета, среднее - из навоза КРС, и минимальные значения продемонстрировали показатели вермикомпоста, выработанного из овечьего навоза. При этом во всех случаях показатели исследуемых металлов в вермикомпостах превышали таковые в исходном сырье (рисунок 6).

Это подтверждает сведения, что черви в результате метаболизма способствуют концентрации в копролитах ионов металлов,



**Рисунок 6 — Содержание микроэлементов в вермикомпосте из навоза КРС (I), навоза овец (II), куриного помета (III), мг/кг**

Анализ содержания тяжелых металлов, отнесенных к примесям токсичных элементов (кадмий, мышьяк, ртуть, свинец) показал, что во всех случаях содержание тяжелых металлов в вермикомпостах было ниже, чем в исходном субстрате (рисунок 7).

Для вермикомпоста, выработанного из навоза КРС, максимальные значения были свойственны по кадмию и свинцу, средние значения – по мышьяку, минимальные – по ртути.

Для вермикомпоста из овечьего навоза максимальные значения были свойственны по мышьяку и ртути, средние – по свинцу и минимальные – по кадмию.

Для вермикомпоста, выработанного из куриного помета, средние значения были свойственны по кадмию и минимальные – по мышьяку, свинцу и ртути.

Все показатели вермикомпоста, полученного из навоза КРС и куриного помета, соответствуют требованиям ГОСТ Р 56004-2014 (нормативы по составу вермикомпоста, полученного из навоза овец, нормативными правовыми документами ГОСТ не регламентированы).

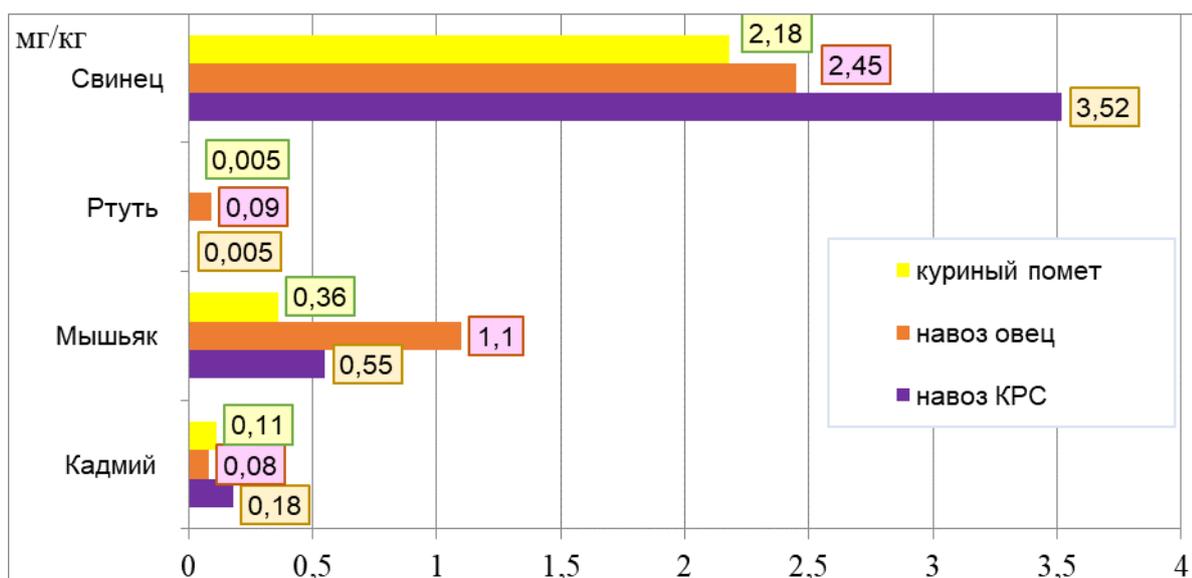


Рисунок 7 — Содержание примесей отдельных токсичных элементов в вермикомпосте из навоза КРС (I), навоза овец (II), куриного помета (III), мг/кг

Полученные результаты подтвердили способность дождевых червей во время вермикомпостирования снижать содержание тяжелых металлов в копролитах.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что применение простой и мало затратной технологии вермикомпостирования снимает проблему утилизации навоза и помета и позволяет получать комплексные органоминеральные удобрения, соответствующие требованиям ГОСТ к химическому составу органических удобрений вермикомпостов непосредственно в хозяйстве.

При этом использование различных видов навоза и помета в качестве субстрата для вермикомпостирования позволяет получать вермикомпост с заранее прогнозируемым химическим составом, что позволит его адресно применять в зависимости от агрохимических особенностей почв и потребностей сельскохозяйственных растений.

**Conclusion.** The conducted studies have shown that the use of a simple and low-cost vermicomposting technology eliminates the problem of manure and litter disposal and makes it possible to obtain complex organomineral fertilizers that meet the GOST requirements for the chemical composition of organic vermicompost fertilizers directly on the farm.

At the same time, the use of various types of manure and litter as a substrate for vermicomposting makes it possible to obtain vermicompost with a predictable chemical composition, which will allow its targeted use depending on the agrochemical characteristics of the soil and the needs of agricultural plants.

**Список литературы.** 1. Цветнов, Е. В. Применение базовой и модифицированной методик оценки нейтрального баланса деградации земель в контексте изучения связи деградации и агропроизводства / Е. В. Цветнов, Н. А. Марахова // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2023. – № 2. – С. 106-116. – DOI 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-106-116. 2. Медведский, В. А. Экологическая обстановка на крупных животноводческих комплексах / В. А. Медведский, М. А. Макарук // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2004. – Т. 40, № 2. – С. 37-38. 3. Сырчина, Н. В. Химическая деградация земель под воздействием отходов животноводства / Н. В. Сырчина, Л. В. Пилип, Т. Я. Ашихмина // Теоретическая и прикладная экология. – 2022. – № 3. – С. 219-225. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225. 4. Пашинская, Е. С. Обзор эпидемиологических данных по гельминтозам / Е. С. Пашинская, В. В. Побяржин, И. С. Соболевская // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2018. – Т. 54, № 1. – С. 30-35. 5. Адаптация приемов биологизации земледелия для решения проблем аграрного производства / А. А. Коровин [и др.] // Аграрный вестник Северного Кавказа. – 2023. – № 3 (51). – С. 41-46. – DOI 10.31279/2222-9345-2023-14-51-41-46. 6. Ресурсосбережение как основа формирования инновационной инфраструктуры России / В. Р. Смирнова [и др.] // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2022. – № 60. – С. 302-314. – DOI 10.17223/19988648/60/18. 7. Bioremediation, biostimulation, and bioaugmentation: a review / G. O. Adams [et al] // Int J Environ Bioremediation Biodegrad. – 2015. – Vol. 3. – P. 28-39. 8. Котлярова, Е. Г. Опыт применения стоков и навоза КРС в Белгородской области / Е. Г. Котлярова, Е. В. Ковалева, О. С. Кузьмина // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 35-43. – DOI 10.28983/asj.y2023i3pp35-43. 9. Дорошенко, Е. А. Влияние замены минеральных удобрений навозом на влагоудерживающую способность почвы в полусухом регионе / Е. А. Дорошенко, Ю. С. Попова // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 104-16. – С. 164-166. – DOI 10.18411/trnio-12-2023-918. 10. Экологические аспекты производства и применения вермикомпоста / Т. В. Олива [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. – 2022. – № 4 (26). – С. 41-46.

- References.** 1. Cvetnov, E. V. *Primenenie bazovoj i modifitsirovannoj metodik ocenki nejtralnogo balansa degradacii zemel v kontekste izucheniya svyazi degradacii i agroprodukcii* / E. V. Cvetnov, N. A. Marahova // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17: Pochvovedenie*. – 2023. – № 2. – S. 106-116. – DOI 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-2-106-116. 2. Medvedskij, V. A. *Ekologicheskaya obstanovka na krupnyh zhivotnovodcheskih kompleksah* / V. A. Medvedskij, M. A. Makaruk // *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny»*. – 2004. – Т. 40, № 2. – S. 37-38. 3. Syrchina, N. V. *Himicheskaya degradaciya zemel pod vozdejstviem othodov zhivotnovodstva* / N. V. Syrchina, L. V. Pilip, T. Ya. Ashihmina // *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. – 2022. – № 3. – S. 219-225. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-3-219-225. 4. Pashinskaya, E. S. *Obzor epidemiologicheskikh dannyh po gelmintozam* / E. S. Pashinskaya, V. V. Pobyarzhin, I. S. Sobolevskaya // *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny»*. – 2018. – Т. 54, № 1. – S. 30-35. 5. *Adaptaciya priemov biologizacii zemledeliya dlya resheniya problem agrarnogo proizvodstva* / A. A. Korovin [i dr.] // *Agrarnyj vestnik Severnogo Kavkaza*. – 2023. – № 3 (51). – S. 41-46. – DOI 10.31279/2222-9345-2023-14-51-41-46. 6. *Resursosberezhenie kak osnova formirovaniya innovacionnoj infrastruktury Rossii* / V. R. Smirnova [i dr.] // *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika*. – 2022. – № 60. – S. 302-314. – DOI 10.17223/19988648/60/18. 7. *Bioremediation, biostimulation, and bioaugmentation: a review* / G. O. Adams [et al.] // *Int J Environ Bioremediation Biodegrad*. – 2015. – Vol. 3. – P. 28-39. 8. *Opyt primeneniya stokov i navoza KRS v Belgorodskoj oblasti* / E. G. Kotlyarova, E. V. Kovaleva, O. S. Kuzmina // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. – 2023. – № 3. – S. 35-43. – DOI 10.28983/asj.y2023i3pp35-43. 9. *Doroshenko, E. A. Vliyanie zameny mineralnyh udobrenij navozom na vlagouderzhivayushuyu sposobnost pochvy v poluzasushlivom re-gione* / E. A. Doroshenko, Yu. S. Popova // *Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya*. – 2023. – № 104-16. – S. 164-166. – DOI 10.18411/trnio-12-2023-918. 10. *Ekologicheskie aspekty proizvodstva i primeneniya vermikomposta* / T. V. Oliva [i dr.] // *Aktualnye voprosy sel'skohozyajstvennoj biologii*. – 2022. – № 4 (26). – S. 41-46.

Поступила в редакцию 14.06.2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-121-130

УДК 576.38:577.215.3: 616.36-004

#### **ТИОАЦЕТАМИД-ИНДУЦИРОВАННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ФИБРОЗ И ЦИРРОЗ ПЕЧЕНИ: ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЯМИ мРНК *Nos2*, *Mmp-9*, *Yap1* и микроРНК**

\*Лебедева Е.И. ORCID ID 0000-0003-1309-4248, \*Щастный А.Т. ORCID ID 0000-0003-2796-4240,  
\*\*Бабенко А.С. ORCID ID 0000-0002-5513-970X, \*\*\*Зиновкин Д.А. ORCID ID 0000-0002-3808-8832,  
\*\*\*Надыров Э.А. ORCID ID 0000-0002-0896-5611

\*УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,  
г. Витебск, Республика Беларусь

\*\*УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

\*\*\*УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь

*Установленные изменения уровней экспрессии и взаимосвязи между уровнями генов *Nos2* и *Mmp-9* в условиях физиологической нормы и на всех стадиях эксперимента ( $p < 0,05$ ), а также между уровнями генов *Yap1* и *Tweak* на всех стадиях фиброза ( $p < 0,05$ ) за исключением стадии полного цирроза с высокой долей вероятности свидетельствуют об участии этих генов в развитии токсического фиброза и цирроза печени. МикроРНК-19a-3p, микроРНК-29b-3p, микроРНК-195-5p, микроРНК-466d, микроРНК-489-3p, микроРНК-495, микроРНК-664-3p, микроРНК-3558-3p связаны с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* на разных стадиях фиброза и цирроза печени ( $p < 0,05$ ) и, вероятно, данные микроРНК тем или иным путем вовлекаются в данные патологические процессы. **Ключевые слова:** эксперимент, фиброз и цирроз печени, экспрессия мРНК и микроРНК, корреляционный анализ.*

#### **THIOACETAMIDE-INDUCED EXPERIMENTAL FIBROSIS AND CIRRHOSIS OF THE LIVER: CORRELATIONS BETWEEN THE NUMBER mRNA LEVELS of *Nos2*, *Mmp-9*, *Yap1* AND THE microRNA**

\*Lebedeva E.I., \*Shchastnyy A.T., \*\* Babenka A.S., \*\*\*Zinovkin D.A., \*\*\* Nadyrov E.A.

\*Vitebsk Order of Friendship of Peoples State Medical University, Vitebsk, Republic of Belarus

\*\*Belarussian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus

\*\*\*Gomel State Medical University, Gomel, Republic of Belarus

*Established changes in expression levels and relationships between the levels of the *Nos2* and *Mmp-9* genes under physiological conditions and at all stages of the experiment ( $p < 0.05$ ), as well as between the levels of the *Yap1* and *Tweak* genes at all stages of fibrosis ( $p < 0.05$ ) with the exception of the stage of complete cirrhosis, with a high degree of probability indicate the participation of these genes in the development of toxic fibrosis and cirrhosis of the liver. MicroRNA-19a-3p, microRNA-29b-3p, microRNA-195-5p, microRNA-466d, microRNA-489-3p, microRNA-495, microRNA-664-3p, microRNA-3558-3p are associated with *Mmp-9* mRNA levels, *Nos2*, *Yap1* at different stages of liver fibrosis and cirrhosis ( $p < 0.05$ ) and, probably, these microRNAs are involved in these pathological processes in one way or another. **Keywords:** experiment, liver fibrosis and cirrhosis, mRNA and microRNA expression, correlation analysis.*

**Введение.** В последнее время гены ряда сигнальных путей (Notch, TWEAK/Fn14, Hedgehog, WNT/ $\beta$ -катенин, Hippo и др.), отдельные гены и микроРНК привлекают внимание исследователей в качестве регуляторов развития хронических заболеваний печени различной этиологии [1].

В ряде работ показано, что экспрессия генов сигнального пути Notch связана с экспрессией генов других сигнальных путей. Предполагается, что ген *Yap1* (входит в сигнальный путь Hippo) является Notch-зависимым геном, он запускает активацию стеллатных клеток. Однако данный механизм и взаимодействие *Yap1* с другими генами до конца не исследованы [2, 3]. Результаты последних исследований свидетельствуют о том, что ген *Nos2* играет определенную роль в фиброзе и циррозе печени. Молекулярный механизм, с помощью которого *Nos2* способствует прогрессированию фиброза, понятен не до конца. Известно, что индукция экспрессии *Nos2* представляет собой сложный многостадийный процесс [4]. Высокие уровни матриксной металлопротеиназы 9 (ММР-9) связывают со стимуляцией фиброза и ремоделированием внеклеточного матрикса. Несмотря на значительное количество публикаций связь между ростом мРНК *Mmp-9* и прогрессированием фиброза печени изучена не полностью [5]. Гены сигнального пути TWEAK/Fn14 способны индуцировать секрецию профибротических медиаторов, деление фибробластов, ангиогенез и прочие процессы в печени. Данные о связи генов *Notch* и сигнальных путей TWEAK/Fn14 при фиброзе и циррозе печени практически отсутствуют [6]. В настоящее время раскрыть полные патогенетические механизмы влияния микроРНК на экспрессию этих генов, предположительно связанных с фиброзом и циррозом печени пока не удалось [7].

В качестве генов-мишеней были выбраны *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1*, *Notch1*, *Notch2*, *Fn14*, *Tweak*, *Ang*, *Vegfa*. С работой данных генов связано более 100 микроРНК. По данным научной литературы, а также на основании информации, размещенной в открытой онлайн-базе данных miRDB (<https://mirdb.org/>), были отобраны микроРНК-19a-3p, микроРНК-29b-3p, микроРНК-29b-1-5p, микроРНК-34b-5p, микроРНК-125b-5p, микроРНК-130a-5p, микроРНК-195-5p, микроРНК-449a-5p, микроРНК-449c-5p, микроРНК-466d, микроРНК-489-3p, микроРНК-495, микроРНК-664-3p, микроРНК-3085, микроРНК-3558-3p [8]. Критерии включения микроРНК в исследование: связь с функцией гена-мишени; минимальное значение показателя Target Rank; максимальное значение показателя Target Score, что в сумме увеличивает вероятностью того, что ген-мишень является мишенью для микроРНК, на основании алгоритма MirTarget с использованием данных высокопроизводительного секвенирования.

Предполагаем, что выбранные нами гены и микроРНК могут быть связаны между собой и изучение этих взаимосвязей на разных этапах фиброза и цирроза сможет приблизить к пониманию молекулярных механизмов формирования этих патологических процессов.

**Цель исследования:** выявление взаимосвязи между уровнями экспрессии мРНК *Nos2*, *Mmp-9*, *Yap1* и микроРНК, участвующих в процессе развития фиброза и цирроза печени.

**Материалы и методы исследований. Экспериментальная модель.** Дизайн исследования был одобрен на заседании Комиссии по биоэтике и гуманному обращению с лабораторными животными при учреждении образования «Витебский государственный орден Дружбы народов медицинский университет» (протокол № 13 от 31.03.22). Фиброз и цирроз печени у крыс-самцов *Wistar* индуцировали свежеприготовленным раствором тиацетамида (ТАА), который вводили интрагастрально через зонд в дозе 200 мг/кг массы тела 2 раза в неделю в течение 17 недель. Крысы контрольной группы (n=12) получали воду без ТАА в аналогичном объеме. Животных разделили на 8 групп (n=12 в каждой): 3 недели (1-я группа, стадия портального фиброза F1A/F1B), 5 недель (2-я группа, прогрессирующий фиброз F2A/F2B-F3A), 7 недель (3-я группа, прогрессирующий фиброз F2B-F3A/F3B), 9 недель (4-я группа, стадия узловой перестройки паренхимы F3B/F4), 11 недель (5-я группа, стадия узловой перестройки паренхимы F5A/F5B), 13 недель (6-я группа, неполный цирроз F5B/F6), 15 недель (7-я группа, полный цирроз F6), 17 недель (8-я группа, полный цирроз F6) и выводили из эксперимента согласно разделению на группы декапитацией под кратковременным эфирным наркозом.

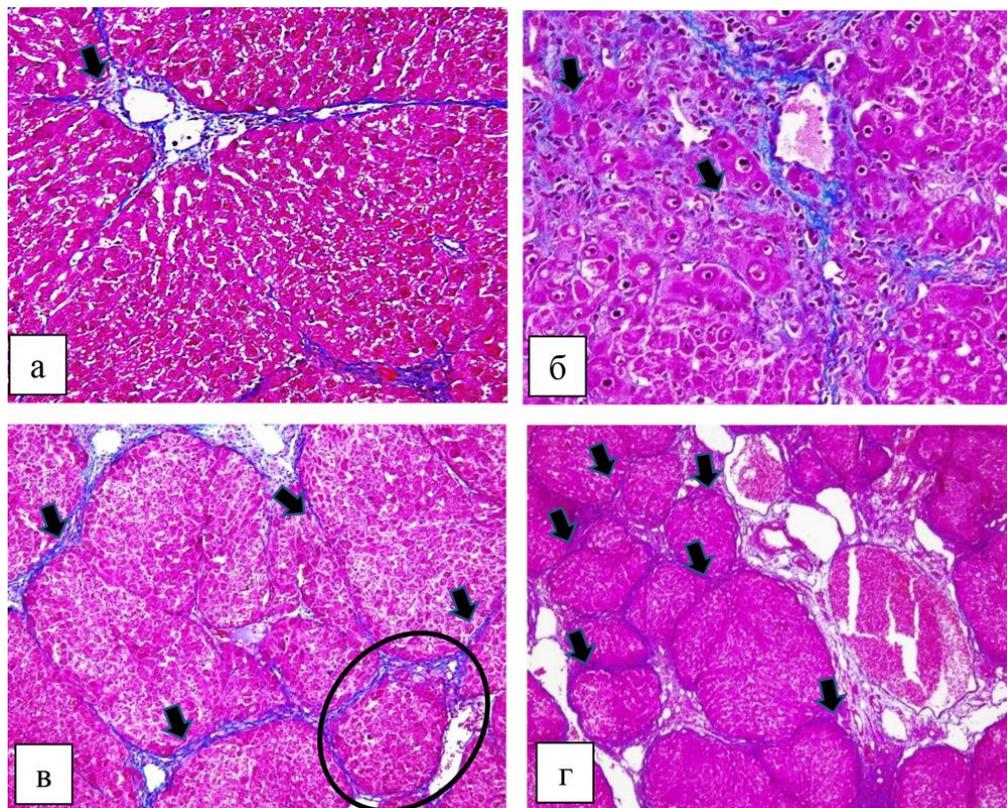
**Гистологическое исследование.** Для выявления соединительной ткани гистологические препараты срезов печени окрашивали по Маллори. Степень фиброза определяли по разработанной нами модифицированной полуколичественной шкале фиброза печени для оценки прогрессирования и регресса токсического фиброза печени в доклинических исследованиях [9]. Все измерения осуществляли путем микрофотосъемки 10-и случайных неперекрывающихся полей зрения препаратов печени цифровой камерой OLYMPUS XC30 (Япония) на базе микроскопа OLYMPUS BX51 (Япония) при увеличении  $\times 200$ ,  $\times 400$  (мкм<sup>2</sup>).

**Оценка уровня мРНК и микроРНК.** Уровень экспрессии мРНК генов *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1*, *Notch1*, *Notch2*, *Fn14*, *Tweak*, *Ang*, *Vegfa* проводили методом полимеразной цепной реакции в режиме реального времени (ПЦР-РВ) с использованием флуоресцентно-меченых зондов. Уровень микроРНК-19a-3p, микроРНК-29b-3p, микроРНК-29b-1-5p, микроРНК-34b-5p, микроРНК-125b-5p, микроРНК-130a-5p, микроРНК-195-5p, микроРНК-449a-5p, микроРНК-449c-5p, микроРНК-466d, микроРНК-489-3p, микроРНК-495, микроРНК-664-3p, микроРНК-3085, микроРНК-3558-3p определяли методом ПЦР-РВ с этапом двухконцевой обратной транскрипции. Формирование панели целевых

микроРНК, выделение суммарной РНК и микроРНК, наборы олигонуклеотидных праймеров для проведения реакции обратной транскрипции и ПЦР-РВ, проведения двухконцевой реакции обратной транскрипции, нормализация данных ПЦР-РВ подробно изложены в статьях [8, 10].

**Статистическую обработку** данных проводили с использованием программ Statistica 10.0 ("StatSoft Inc.", США), IBM SPSS Statistics 23.0 (An IBM Company, 28.0.1, США) и электронных таблиц Microsoft Office Excel ("Microsoft Corp.", США). В выборках по каждой неделе эксперимента определяли нормальность частотного распределения признака по критерию Лиллиефорса. Получали описательные статистики и описывали количественные данные в виде средних и соответствующих доверительных интервалов (М (95% ДИ), медианы и значения 15–85 перцентилей (Me (15%; 85%)). Об уровне статистической значимости различий изучаемых признаков (уровень экспрессии мРНК генов) в группах с нормальным частотным распределением данных судили по *t*-критерию Стьюдента; в случае отличия выборок от нормального частотного распределения использовали U-критерий Манна–Уитни. Для выявления связи между изучаемыми признаками использовали непараметрическую ранговую корреляцию Спирмена (*r*).

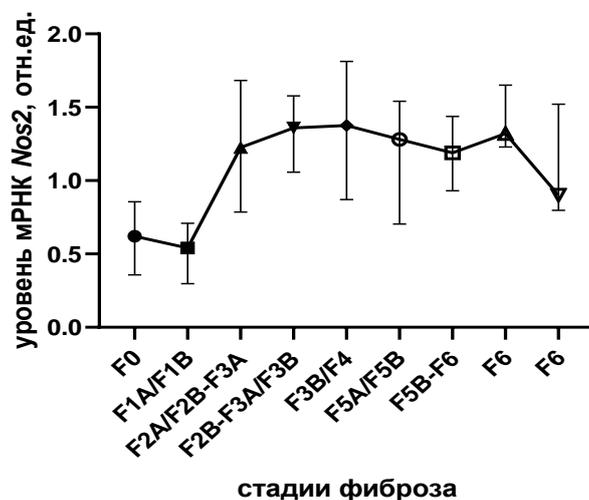
**Патогистологическая характеристика печени крыс Wistar.** В начале эксперимента (3-я неделя) при гистологическом исследовании печени в большинстве полей зрения выявили утолщение и разрастание соединительной ткани вокруг портальных трактов (портальный фиброз, стадия F1A/F1B, рисунок 1а). По прошествии 5-и и 7-и недель определили мостовидный фиброз, что соответствовало стадиям F2A/F2B-F3A и F2B-F3A/F3B. Местами в гистологических препаратах наблюдали перисинусоидный (рисунок 1б), центрлобулярный и диффузный перицеллюлярный фиброз печени. Впоследствии при нарастании интоксикации крыс (9-я неделя) вблизи отдельных портальных трактов происходила узловая перестройка паренхимы с образованием единичных ложных печеночных долек (начальная стадия портального цирроза, стадия фиброза F3B/F4). На следующих этапах 11-я и 13-я недели обнаружили узловую перестройку паренхимы, которая характеризовалась нарушением балочного строения и образованием ложных печеночных разного диаметра и формы (стадии F5A/F5B и F5B-F6 соответственно, рисунок 1в). По завершении эксперимента (15-я и 17-я недели) в печени установили полный цирроз стадия F6 (рисунок 1г).



а – портальный фиброз (стрелка); б – перисинусоидный фиброз (стрелки); в – фиброзные септы (стрелки), ложная печеночная долька (овальная рамка); г – ложные печеночные дольки (стрелки). Окраска по Маллори. Увеличение  $\times 100$  (г),  $\times 200$  (а, в),  $\times 400$  (б)

**Рисунок 1 – Гистологические препараты печени крыс через 3 (а), 5 (б), 11 (в), 15 (г) недель после начала эксперимента**

**Уровень мРНК генов *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* и корреляционные взаимосвязи между ними и уровнем мРНК *Notch1*, *Notch2*, *Fn14*, *Tweak*, *Ang*, *Vegfa* при экспериментальном фиброзе и циррозе печени.** В настоящей работе представлены изменения уровня мРНК генов *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1*. Экспрессия мРНК генов *Notch1*, *Notch2*, *Fn14*, *Tweak*, *Ang*, *Vegfa* опубликованы нами ранее [10]. На начальной стадии фиброза печени крыс (3-я неделя, F1A/F1B) отмечено статистически незначимое изменение относительного уровня мРНК *Nos2* – в пределах 5%, что мы считаем погрешностью (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Динамика уровня мРНК гена *Nos2* на различных стадиях фиброза и цирроза печени**

Прогрессирование фиброза с 5-й по 9-ю недели эксперимента (стадии F2A/F2B-F3A–F3B/F4) сопровождалось ростом уровня мРНК *Nos2* с пиковым значением в 1,69 раза ( $p < 0,001$ ), превышающим контрольное. Затем наблюдали снижение экспрессии гена-мишени, стремящееся к контрольному показателю.

В таблице 1 представлены корреляционные связи между уровнем мРНК *Nos2* и генами-мишенями на разных этапах эксперимента.

**Таблица 1 – Корреляционные взаимосвязи между уровнем мРНК *Nos2* и генами в условиях нормы и на различных стадиях фиброза и цирроза печени**

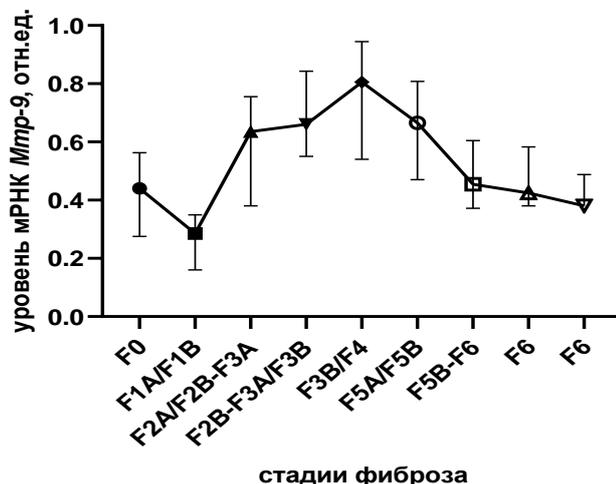
Мишень	Коэффициенты корреляционной взаимосвязи							
	<i>Notch1</i>	<i>Notch2</i>	<i>Tweak</i>	<i>Fn14</i>	<i>Mmp-9</i>	<i>Yap1</i>	<i>Ang</i>	<i>Vegfa</i>
F0 (контроль)								
<i>Nos2</i>	-	0,418*	-	-	0,410*	-	-	-
F1A/F1B (3 недели)								
<i>Nos2</i>	-	0,473**	-	-	0,394*	0,349*	-	-
F2A/F2B-F3A (5 недель)								
<i>Nos2</i>	0,820**	-	-	-	0,769**	-0,374*	-0,565**	-0,404*
F2B-F3A/F3B (7 недель)								
<i>Nos2</i>	0,434*	0,619**	0,381*	-	0,373*	0,452*	-	0,346*
F3B/F4 (9 недель)								
<i>Nos2</i>	0,561**	0,521**	0,354*	-	0,694**	0,456**	0,627**	0,755**
F5A/F5B (11 недель)								
<i>Nos2</i>	-	0,785**	-	0,594**	0,721**	-	0,335*	-
F5B-F6 (13 недель)								
<i>Nos2</i>	-	0,777**	-	0,523**	0,430**	-	-	0,663**
F6 (15 недель)								
<i>Nos2</i>	0,418*	0,823**	-	0,578**	0,356*	-	-	-
F6 (17 недель)								
<i>Nos2</i>	-	0,589**	-	0,541**	0,449**	0,331*	-	0,339*

Примечания: \* – статистическая значимость результатов при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

На протяжении всего эксперимента уровень мРНК *Nos2* связан прямыми умеренными, средними и сильными корреляционными взаимосвязями с мРНК *Mmp-9*. Гены сигнальных путей Notch

(*Notch1*, *Notch2*) образуют взаимодействия с геном *Nos2* преимущественно попеременно. При этом на 7-й, 9-й (начала узловой перестройки паренхимы печени) и 15-й (стадия цирроза F6) неделях уровень мРНК обоих генов связан с мРНК *Nos2*. Сигнальный путь TWEAK/Fn14 вовлекается в формирование связей только с 7-й недели (F2B-F3A/F3B). Уровень мРНК *Yap1* взаимодействует с *Nos2* обратными и прямыми связями на стадиях прогрессирующего фиброза и в конце эксперимента. Относительный уровень мРНК генов *Ang*, *Vegfa* формирует поочередно обратные и прямые умеренные, средние, сильные корреляционные связи с геном *Nos2* начиная со стадии мостовидного фиброза F2A/F2B-F3A (5-я неделя). На 15-й неделе (цирроз F6) связи теряются.

В печени контрольных крыс выявлен невысокий уровень экспрессии мРНК *Mmp-9* (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Изменение уровня мРНК гена *Mmp-9* на различных стадиях фиброза и цирроза печени**

Интересно отметить, что к 3-й неделе (стадия F1A/F1B) эксперимента на фоне развивающегося фиброза относительный уровень мРНК *Mmp-9* не увеличился, а несколько статистически незначительно снизился по сравнению с контрольным значением. В то же время на сравнительно небольшом промежутке между 5-й и 9-й неделями (стадии F2A/F2B-F3A–F3B/F4) установили рост показателя в 1,84 раза ( $p < 0,001$ ) с последующим снижением до начального уровня. Процесс узловой перестройки паренхимы печени происходил при снижении экспрессии мРНК *Mmp-9*.

Корреляционные связи между уровнем мРНК *Mmp-9* и генами-мишенями представлены в таблице 2.

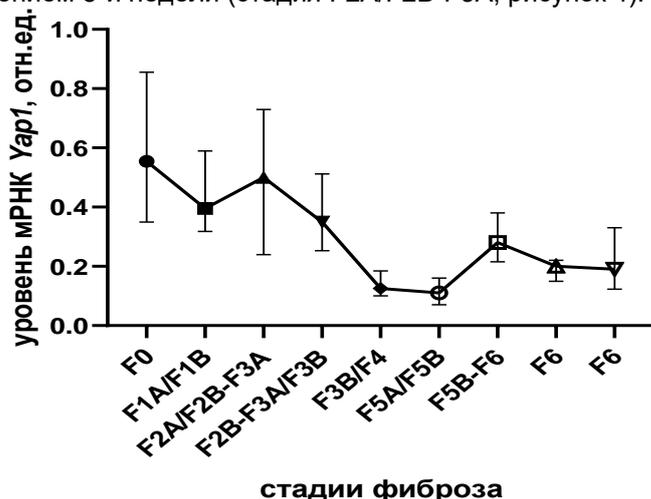
**Таблица 2 – Корреляционные взаимосвязи между уровнем мРНК *Mmp-9* и генами в условиях нормы и на различных стадиях фиброза и цирроза печени**

Мишень	Коэффициенты корреляционной взаимосвязи							
	<i>Notch1</i>	<i>Notch2</i>	<i>Tweak</i>	<i>Fn14</i>	<i>Mmp-9</i>	<i>Yap1</i>	<i>Ang</i>	<i>Vegfa</i>
F0 (контроль)								
<i>Mmp-9</i>	-	0,798**	0,418*	0,367*	0,410*	-	-	-
F1A/F1B (3 недели)								
<i>Mmp-9</i>	-	0,861**	-	-	0,394*	-	-	-
F2A/F2B-F3A (5 недель)								
<i>Mmp-9</i>	-0,456**	0,855**	0,425**	-	0,769**	-0,548**	-0,564**	-
F2B-F3A/F3B (7 недель)								
<i>Mmp-9</i>	0,403*	0,380*	0,426**	0,705**	0,373*	-	-	0,520**
F3B/F4 (9 недель)								
<i>Mmp-9</i>	0,504**	0,470**	-	-	0,694**	0,524**	0,495**	0,679**
F5A/F5B (11 недель)								
<i>Mmp-9</i>	0,779**	-	0,406*	0,540**	0,721**	-	0,356*	0,377*
F5B-F6 (13 недель)								
<i>Mmp-9</i>	-	0,556**	-	0,575**	0,430**	-	-	-
F6 (15 недель)								
<i>Mmp-9</i>	-	0,436**	-	0,649**	0,356*	0,352*	0,341*	-
F6 (17 недель)								
<i>Mmp-9</i>	-	0,373*	-	0,690**	0,449**	-	-	0,473**

Примечания: \* – статистическая значимость результатов при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

Как видно из таблицы 2, уровень мРНК *Mmp-9* связан с уровнем мРНК генов *Notch1*, *Notch2* сигнального пути Notch с обратными и прямыми умеренными, средними, сильными корреляционными связями в условиях нормы и на протяжении всего эксперимента. С уровнем мРНК *Fn14*, *Tweak* сигнального пути TWEAK/*Fn14* связь не выявлена на 3-й (стадия F1A/F1B) и 9-й (стадия F3B/F4) неделях. Ген *Mmp-9* формирует с *Yap1* обратную и прямые умеренные, средние взаимодействия на 5-й (стадия фиброза F2A/F2B-F3A), 9-й (стадия фиброза F3B/F4) и 15-й (цирроз, F6) неделях. Уровни мРНК генов *Ang*, *Vegfa* устанавливают с *Mmp-9* обратную и прямые умеренные, средние связи со стадии F2A/F2B-F3A (5 недель). Вместе с этим на стадии фиброза F5B-F6 (13 недель) связь не обнаружена.

Относительный уровень мРНК гена *Yap1* был статистически значимо снижен на всех стадиях эксперимента за исключением 5-й недели (стадия F2A/F2B-F3A, рисунок 4).



**Рисунок 4 – Изменение уровня мРНК гена *Yap1* на различных стадиях фиброза и цирроза печени**

Экспрессия мРНК *Yap1* изменялась в пределах от 1,39 ( $p < 0,001$ , стадия фиброза F1A/F1B, 3-я неделя) до 5,04 раз ( $p < 0,001$ , стадия фиброза F5A/F5B, 11-я неделя) по сравнению с контрольной точкой. Обращает на себя внимание факт того, что в период с 9-й по 11-ю недели (узловая трансформация паренхимы печени) показатель оставался на одном уровне. Корреляционные связи между уровнем мРНК *Yap1* и мРНК генов отображены в таблице 3.

**Таблица 3 – Корреляционные взаимосвязи между уровнем мРНК *Yap1* и генами в условиях нормы и на разных стадиях фиброза и цирроза печени**

Мишень	Коэффициенты корреляционной взаимосвязи							
	<i>Notch1</i>	<i>Notch2</i>	<i>Tweak</i>	<i>Fn14</i>	<i>Mmp-9</i>	<i>Yap1</i>	<i>Ang</i>	<i>Vegfa</i>
F0 (контроль)								
<i>Yap1</i>	0,761**	-	0,651**	-	-	-	-	-
F1A/F1B (3 недели)								
<i>Yap1</i>	-	0,473**	0,561**	-	0,349*	-	-0,462**	-
F2A/F2B-F3A (5 недель)								
<i>Yap1</i>	0,738**	-	0,810**	0,511**	-0,374*	-0,548**	0,713**	0,574**
F2B-F3A/F3B (7 недель)								
<i>Yap1</i>	0,608**	-	0,628**	0,353*	0,452*	-	-	-
F3B/F4 (9 недель)								
<i>Yap1</i>	-	0,366*	0,419*	0,429**	0,456**	0,524**	-	-
F5A/F5B (11 недель)								
<i>Yap1</i>	-	-	0,573**	-	-	-	0,443**	0,595**
F5B-F6 (13 недель)								
<i>Yap1</i>	0,457**	-	0,382*	-	-	-	0,744**	-
F6 (15 недель)								
<i>Yap1</i>	-	-	-	0,438**	-	0,352*	-	0,518**
F6 (17 недель)								
<i>Yap1</i>	0,579**	0,488**	0,693**	-	0,331*	-	0,521**	0,482**

Примечания: \* – статистическая значимость результатов при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

У печени контрольных крыс относительный уровень мРНК *Yap1* взаимосвязан только с уровнем мРНК *Notch1*, *Tweek*. С генами сигнального пути Notch ген *Yap1* не взаимодействует на стадии узловой перестройки паренхимы печени (стадия F5A/F5B, 11-я неделя) и цирроза (F6, 15-я неделя). Прослеживается поочередное включение генов пути Notch в образование связей с уровнем мРНК *Yap1*. Уровень мРНК *Tweek* формирует прямые умеренные, средние, сильные связи с уровнем мРНК *Yap1* на протяжении всего эксперимента за исключением 15-й недели (цирроз, F6), и вместе с этим в этот период формируется взаимодействие с мРНК *Fn14*.

Относительный уровень мРНК *Yap1* устанавливает связи с уровнем мРНК генов *Ang*, *Vegfa* обратную и прямые умеренные, средние, сильные корреляционные связи. На 7-й (стадия фиброза F2B-F3A/F3B) и 9-й (стадия фиброза F3B/F4) неделях зависимость отсутствует.

**Уровень микроРНК и корреляционные взаимосвязи между ними и уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* при экспериментальном фиброзе и циррозе печени.** На протяжении всего эксперимента уровень микроРНК изменялся по-разному. В целом микроРНК-130a-5p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-495 ( $p < 0,001$ ), микроРНК-466d ( $p < 0,001$ ), микроРНК-125b-5p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-29b-1-5p ( $p < 0,001$ ) и микроРНК-19a-3p ( $p < 0,001$ ) продемонстрировали увеличение относительного уровня, не превышающее 80% от значений контрольной точки. При этом микроРНК-449a-5p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-449c-5p ( $p < 0,001$ ) и микроРНК-29b-3p ( $p < 0,001$ ) характеризовалась изменениями уровня в более широком диапазоне, включающем снижение порядка 40% и рост в пределах 50% по сравнению с контрольной точкой без выраженного однонаправленного вектора на протяжении всех этапов эксперимента. Ряд мишеней показал изменения относительного уровня в 2 и более раза: микроРНК-195-5p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-664-3p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-489-3p ( $p < 0,001$ ), микроРНК-3085 ( $p < 0,001$ ) и микроРНК-3558-3p ( $p < 0,001$ ) [8].

Оценка корреляционных взаимодействий показала, что уровень мРНК *Nos2* формирует наибольшее количество связей с исследуемыми микроРНК, поэтому мы представляем их в таблице 4. Связи микроРНК с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Yap1* описываем в тексте.

**Таблица 4 – Корреляционные взаимосвязи между уровнем мРНК *Nos2* и микроРНК в условиях нормы и на разных стадиях фиброза и цирроза печени**

Мишень	Коэффициенты корреляционной взаимосвязи между уровнем мРНК <i>Nos2</i> и микроРНК на разных стадиях фиброза и цирроза печени								
	Норма	Прогрессирующий фиброз			Узловая перестройка паренхимы			Цирроз	
	F0	F1A/F1B	F2A/ F2B-F3A	F2B- F3A/ F3B	F3B/F4	F5A/F5B	F5B- F6	F6	F6
микроРНК-19a-3p	-	-0,496**	0,401*	-	-	0,388**	-	-	-
микроРНК-29b-3p	-	-	-	-	0,399*	-0,489**	-	-	0,656**
микроРНК-130a-5p	-	-	-	-	0,494**	-0,426**	-	-	-
микроРНК-195-5p	0,399*	-	0,387*	-	-	-	-	-	-
микроРНК-449a-5p	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,420*
микроРНК-449c-5p	-	-	0,435*	-	0,384*	-	-	-	-0,464**
микроРНК-466d	-	-	0,337**	-	0,431**	-	0,368*	-	-
микроРНК-489-3p	-	0,408*	0,445**	-	-	-	-	-	-
микроРНК-495	0,511**	0,558**	-	-	-	-	-	-	-
микроРНК-664-3p	-	0,766**	-	-	0,422**	--	-	-	-
микроРНК-3085	0,364*	-0,485**	-	-	-	-	-	0,396*	-
микроРНК-3558-3p	-	-	-	-	-0,409**	0,414*	-	-	0,496**

Примечания: \* – статистическая значимость результатов при  $p < 0,05$ ; \*\* – при  $p < 0,01$ .

Как видно из таблицы 4, ни одна из исследуемых микроРНК не образует связи с уровнем мРНК *Nos2* на протяжении всего эксперимента. В условиях нормы с геном-мишенью связаны обратными и прямыми умеренными, средними связями микроРНК-195-5р, микроРНК-449а-5р, микроРНК-489-3р, микроРНК-495, микроРНК-3085. На стадиях прогрессирующего фиброза (3-5 недель) появляются связи с микроРНК-19а-3р, микроРНК-449с-5р, микроРНК-466d, микроРНК-664-3р. Стадия F2В-F3А/F3В (7-я неделя) характеризуется отсутствием корреляционных связей с уровнем микроРНК. В период узловой перестройки паренхимы печени микроРНК-19а-3р, микроРНК-29b-3р, микроРНК-130а-5р, микроРНК-449а-5р, микроРНК-449с-5р, микроРНК-466d, микроРНК-664-3р, микроРНК-3558-3р формируют обратные и прямые умеренные, средние связи с мРНК гена *Nos2*. При полной узловой трансформации печени (15-я неделя, F6) только одна из исследуемых нами микроРНК-3085 связана с геном *Nos2*. Вместе с этим прогрессирующий цирроз сопровождался формированием обратных и прямых умеренных связей с микроРНК-29b-3р, микроРНК-449а-5р, микроРНК-449с-5р, микроРНК-3558-3р.

На стадии фиброза F3В/F4 (9-я неделя) между уровнем мРНК *Mmp-9* и исследуемыми микроРНК связи не выявлены. На всех других стадиях фиброза установлены обратные и прямые умеренные, средние корреляционные взаимодействия между геном-мишенью и микроРНК-19а-3р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-130а-5р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-195-5р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-449а-5р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-449с-5р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-466d ( $p < 0,01$ ), микроРНК-495 ( $p < 0,01$ ), микроРНК-664-3р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-3085 ( $p < 0,05$ ), микроРНК-3558-3р ( $p < 0,01$ ).

В условиях физиологической нормы, на стадиях фиброза (F2В-F3А/F3В – 7-я неделя, F3В/F4 – 9-я неделя, F6 – 15-я неделя) между уровнем мРНК *Yap1* и исследуемыми микроРНК корреляционные связи не обнаружены. На других стадиях фиброза отмечены обратные и прямые умеренные, средние взаимодействия с микроРНК-29b-3р ( $p < 0,05$ ), микроРНК-195-5р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-466d ( $p < 0,01$ ), микроРНК-489-3р ( $p < 0,01$ ), микроРНК-495 ( $p < 0,01$ ), микроРНК-664-3р ( $p < 0,01$ ).

Матриксная металлопротеиназа 9 (желатиназа В, MMP-9), секретируемая преимущественно клетками Купфера (КС) вовлекается в фиброгенез печени на всех его стадиях, выполняя ключевую функцию в его прогрессировании. В настоящее время существуют некоторые терапевтические подходы, направленные на MMP-9 как на специфическую мишень. Тем не менее связь между уровнем мРНК MMP-9 и прогрессированием фиброза печени до сих пор до конца не исследована [5]. Индуцибельная синтаза оксида азота (iNOS/NOS2) вовлекается в патогенез многих заболеваний печени, включая фиброз, и образуется в основном в КС, гепатоцитах. Повреждение печени лабораторных животных четыреххлористым углеродом приводит к росту уровня мРНК *Nos2*. Молекулярно-генетический механизм, с помощью которого *Nos2* способствует прогрессированию фиброза, до конца не понятен [4]. Белок YAP1 (Yes-associated protein, YAP, YAP65) сигнального пути Hippo усиливает синтез КС провоспалительных цитокинов и способствует развитию неалкогольного стеатогепатита. Несмотря на то, что пролиферативная и онкогенная роль YAP1 хорошо изучены, молекулярный механизм передачи сигналов YAP при фиброзе и циррозе остаются в значительной степени неизученными [3].

В рамках настоящей работы мы не оценивали уровень белка MMP-9, NOS2, YAP1 и не можем сказать, какие клетки их синтезируют. Это будет предметом дальнейших исследований. По данным настоящего исследования, относительный уровень мРНК генов *Nos2* и *Mmp-9* был выше контрольной точки до начальной стадии узловой перестройки паренхимы (9 недель, стадия фиброза F3В/F4). Вместе с этим гены *Nos2* и *Mmp-9* связаны между собой как в условиях физиологической нормы, так и на всех стадиях эксперимента. Это может свидетельствовать об их совместном участии в изменении функционального состояния КС, роли в фиброзе и циррозе.

Согласно данным литературы, ген *Yap1*, входящий в состав сигнального пути Hippo (регулирует размер органов путем снижения пролиферации клеток и усиления апоптоза), усиливает синтез КС провоспалительных цитокинов. В недавних исследованиях показано, что ингибирование *Yap1* приводит к обильному синтезу внеклеточного матрикса и развитию фиброза [3]. Мы установили снижение экспрессии мРНК *Yap1* практически на всех этапах эксперимента. Падении уровня мРНК *Yap1* указывает на то, что пока неизвестные факторы, стимулирующие развитие фиброза, оказывают ингибирующее действие на уровень мРНК *Yap1*. Возможно, в рамках настоящего исследования это связано с установленными нами корреляционными взаимодействиями мРНК *Yap1* с мРНК *Nos2* и *Mmp-9* на разных стадиях фиброза и цирроза печени.

Прослеживается поочередное включение генов сигнального пути Notch в формирование связей с генами-мишенями. На стадиях фиброза F2В-F3А/F3В и F3В/F4 (7-я, 9-я недели) гены *Notch1*, *Notch2* взаимодействуют как с *Mmp-9*, так и *Nos2*.

Уровень мРНК *Yap1* формирует связи с мРНК *Tweak* на протяжении всего эксперимента за исключением 15-й недели (цирроз, F6) в отличие от *Mmp-9*, *Nos2*. Возможно, ген *Tweak* сигнального пути TWEAK/Fn14 и *Yap1* выполняют определенную роль в прогрессировании фиброза печени.

Относительный уровень мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* формирует корреляционные взаимосвязи с мРНК *Ang*, *Vegfa* в основном с 5-й (стадия фиброза F2A/F2B-F3A) по 11-ю недели (стадия фиброза F5A/F5B) эксперимента. Вероятно, это связано с молекулярными механизмами, которые в настоящее время не изучены.

Исследуемые нами микроРНК коррелируют с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* на разных стадиях фиброза и цирроза печени. Причем не отмечается какой-либо закономерности в образовании связи, но вместе с этим *Nos2* формирует большое количество взаимодействий с микроРНК. Следует отметить, что 8 микроРНК (микроРНК-19a-3p, микроРНК-29b-3p, микроРНК-195-5p, микроРНК-466d, микроРНК-489-3p, микроРНК-495, микроРНК-664-3p, микроРНК-3558-3p) чаще связаны с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* на разных стадиях фиброза и цирроза печени. На стадиях F2B-F3A/F3B (7-я неделя) и F3B/F4 (9-я неделя, начало узловых перестройки паренхимы печени) между уровнем мРНК генов и исследуемыми микроРНК связи не выявлены. Вероятно, эти недели можно рассматривать как критический период (точка невозврата к условиям физиологической нормы), на который необходимо обращать особое внимание при проведении фундаментальных и доклинических исследований.

Следует отметить, что печень является уникальным органом, в котором параллельно протекают патологические изменения и процессы регенерации, срабатывают компенсаторно-приспособительные механизмы, происходит смена фенотипа клеток, молекулярного каскада сигнальных путей и отдельных генов, микроРНК и пр. некодирующих РНК. В настоящий момент предоставить полное объяснение установленным взаимодействиям крайне сложно так как в доступной литературе информации по выявлению корреляционных взаимосвязей между уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* и выбранными нами микроРНК практически нет и аналогов данного эксперимента нам не удалось обнаружить.

**Заключение.** Относительный уровень мРНК генов *Nos2* и *Mmp-9* превышал контрольный показатель до стадии фиброза F3B/F4 (9-я неделя). Гены *Nos2* и *Mmp-9* связаны между собой как в условиях физиологической нормы, так и на всех стадиях эксперимента. Экспрессия мРНК *Yap1* снижена практически на всех этапах эксперимента. Связь уровня мРНК *Yap1* с мРНК *Tweak* сигнального пути TWEAK/Fn14 на всех стадиях фиброза за исключением стадии полного цирроза. Полученные результаты с высокой долей вероятности свидетельствуют об участии этих генов в развитии фиброза и цирроза печени.

Исследуемые нами микроРНК коррелируют с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* на разных стадиях фиброза и цирроза печени. Причем не отмечается какой-либо закономерности в образовании связи, но вместе с этим *Nos2* формирует большое количество взаимодействий с микроРНК. МикроРНК-19a-3p, микроРНК-29b-3p, микроРНК-195-5p, микроРНК-466d, микроРНК-489-3p, микроРНК-495, микроРНК-664-3p, микроРНК-3558-3p чаще связаны с уровнем мРНК *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* на разных стадиях фиброза и цирроза печени и, вероятно, данные микроРНК тем или иным путем вовлекаются в процессы фиброза и цирроза.

На стадиях F2B-F3A/F3B (7неделя) и F3B/F4 (9 недель) между уровнем мРНК генов *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* и исследуемыми микроРНК связи не выявлены. Вероятно, эти недели можно рассматривать как критический период (точка вероятного прогрессирования фиброза в цирроз), что необходимо учитывать, на который следует обращать особое внимание при проведении фундаментальных и доклинических исследований.

Полученные результаты позволяют глубже понять молекулярные механизмы, лежащие в основе фиброза и цирроза печени, и могут быть использованы для дальнейшего изучения взаимодействия путей передачи молекулярных сигналов.

**Conclusion.** The relative mRNA level of the *Nos2* and *Mmp-9* genes exceeded the control value up to the fibrosis stage F3B/F4 (week 9). The *Nos2* and *Mmp-9* genes are interconnected both under physiological norm conditions and at all stages of the experiment. *Yap1* mRNA expression is reduced at almost all stages of the experiment. The relationship between the *Yap1* mRNA level and the *Tweak* mRNA of the TWEAK/Fn14 signaling pathway at all stages of fibrosis except for the stage of complete cirrhosis. The results obtained with a high degree of probability indicate the participation of these genes in the development of liver fibrosis and cirrhosis.

The microRNAs we studied correlate with the level of mRNA *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* at different stages of liver fibrosis and cirrhosis. Moreover, no pattern in the formation of the connection is noted, but at the same time *Nos2* forms a large number of interactions with microRNAs. MicroRNA-19a-3p, microRNA-29b-3p, microRNA-195-5p, microRNA-466d, microRNA-489-3p, microRNA-495, microRNA-664-3p, microRNA-3558-3p are more often associated with the level of mRNA *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* at different stages of liver fibrosis and cirrhosis and, probably, these microRNAs are involved in the processes of fibrosis and cirrhosis in one way or another.

At stages F2B-F3A/F3B (7 weeks) and F3B/F4 (9 weeks) no connections were found between the mRNA level of the *Mmp-9*, *Nos2*, *Yap1* genes and the studied microRNAs. Probably, these weeks can be

considered as a critical period (the point of probable progression of fibrosis to cirrhosis), which must be taken into account and paid special attention to when conducting fundamental and preclinical studies.

The obtained results provide a deeper understanding of the molecular mechanisms underlying liver fibrosis and cirrhosis and can be used to further study the interaction of molecular signaling pathways.

**Список литературы.** 1. Zhang, D. The molecular mechanisms of liver fibrosis and its potential therapy in application / D. Zhang, Y. Zhang, B. Sun // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, N 20. – P. 12572. - DOI: 10.3390/ijms232012572. 2. Notch3 deficiency attenuates pulmonary fibrosis and impedes lung-function decline / V. Laura [et al.] // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* – 2021. – Vol. 63, N 4. – P. 465–476. - DOI: 10.1165/rcmb.2020-0516OC. 3. Yes-Associated Protein in Kupffer Cells Enhances the Production of Proinflammatory Cytokines and Promotes the Development of Nonalcoholic Steatohepatitis / K. Song [et al.] // *Hepatology.* – 2022. – Vol. 72, N 1. – P. 72-87. - DOI: 10.1002/hep.30990. 4. Kashfi, K. Macrophage reprogramming and cancer therapeutics: role of iNOS-derived NO / K. Kashfi, J. Kannikal, N. Nath // *Cells.* – 2021. – Vol. 10, N 11. – P. 3194. - DOI: 10.3390/cells10113194. 5. Matrix metalloproteinase-9 inhibition or deletion attenuates portal hypertension in rodents / H. C. Huang [et al.] // *J. Cell. Mol. Med.* – 2021. – Vol. 25, N 21. – P. 10073-10087. - DOI: 10.1111/jcmm.16940. 6. Zhang, Y. TWEAK/Fn14 axis is an important player in fibrosis / Y. Zhang, W. Zeng, Y. Xia // *J. Cell. Physiol.* – 2021. – Vol. 236, N 5. – P. 3304–3316. - Doi: 10.1002/jcp.30089. 7. MicroRNAs: Small molecules with big impacts in liver injury / A. S. Abdel Halim [et al.] // *J Cell Physiol.* – 2023. – Vol. 238, N 1. – P. 32-69. - DOI: 10.1002/jcp.30908. 8. Lebedeva, E. I. The dynamics of microRNAs level associated with pathological venous angiogenesis in experimental toxic liver fibrosis in rats / E. I. Lebedeva, A. S. Babenka, A. T. Shchastniya // *Genes & Cells.* – 2024. – Vol. 19, N 1. – P. 181-199. - DOI.org/10.17816/gc622891. 9. Рекомендации по оценке прогрессирования и регресса токсического фиброза печени в доклинических исследованиях / Е. И. Лебедева [и др.]. - Минск: РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышегесского», 2023. - 8 с. 10. Relationships between Cxcl12, Tweak, Notch1, and Yap mRNA Expression Levels in Molecular Mechanisms of Liver Fibrogenesis / E. I. Lebedeva [et al.] // *Molecular Biology.* – 2024. – Vol. 58(1). – P. 102–111. - Doi.org/10.1134/S0026893324010060.

**References.** 1. Zhang, D. The molecular mechanisms of liver fibrosis and its potential therapy in application / D. Zhang, Y. Zhang, B. Sun // *Int. J. Mol. Sci.* – 2022. – Vol. 23, N 20. – P. 12572. - DOI: 10.3390/ijms232012572. 2. Notch3 deficiency attenuates pulmonary fibrosis and impedes lung-function decline / V. Laura [et al.] // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* – 2021. – Vol. 63, N 4. – P. 465–476. - DOI: 10.1165/rcmb.2020-0516OC. 3. Yes-Associated Protein in Kupffer Cells Enhances the Production of Proinflammatory Cytokines and Promotes the Development of Nonalcoholic Steatohepatitis / K. Song [et al.] // *Hepatology.* – 2022. – Vol. 72, N 1. – P. 72-87. - DOI: 10.1002/hep.30990. 4. Kashfi, K. Macrophage reprogramming and cancer therapeutics: role of iNOS-derived NO / K. Kashfi, J. Kannikal, N. Nath // *Cells.* – 2021. – Vol. 10, N 11. – P. 3194. - DOI: 10.3390/cells10113194. 5. Matrix metalloproteinase-9 inhibition or deletion attenuates portal hypertension in rodents / H. C. Huang [et al.] // *J. Cell. Mol. Med.* – 2021. – Vol. 25, N 21. – P. 10073-10087. - DOI: 10.1111/jcmm.16940. 6. Zhang, Y. TWEAK/Fn14 axis is an important player in fibrosis / Y. Zhang, W. Zeng, Y. Xia // *J. Cell. Physiol.* – 2021. – Vol. 236, N 5. – P. 3304–3316. - DOI: 10.1002/jcp.30089. 7. MicroRNAs: Small molecules with big impacts in liver injury / A. S. Abdel Halim [et al.] // *J Cell Physiol.* – 2023. – Vol. 238, N 1. – P. 32-69. - DOI: 10.1002/jcp.30908. 8. Lebedeva, E. I. The dynamics of microRNAs level associated with pathological venous angiogenesis in experimental toxic liver fibrosis in rats / E. I. Lebedeva, A. S. Babenka, A. T. Shchastniya // *Genes & Cells.* – 2024. – Vol. 19, N 1. – P. 181-199.- DOI.org/10.17816/gc622891. 9. Recommendations for assessing the progression and regression of toxic liver fibrosis in preclinical studies / E. I. Lebedeva [et al.]. - Minsk: "Institute of Experimental Veterinary Medicine named after. S.N. Vyshesl'skogo", 2023. - 8 p. (In Belarus). 10. Relationships between Cxcl12, Tweak, Notch1, and Yap mRNA Expression Levels in Molecular Mechanisms of Liver Fibrogenesis / E. I. Lebedeva [et al.] // *Molecular Biology.* 2024;58(1):102–111. - Doi.org/10.1134/S0026893324010060.

Поступила в редакцию 08.07 2024.

DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-3-130-133

УДК 636.5.053:612.015.3:615.356

#### **ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ИМ КОНЦЕНТРАТА ВИТАМИНОВ Е И F ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА**

**Сандул П.А. ORCID ID 0000-0002-9203-4122, Соболев Д.Т. ORCID ID 0009-0008-4672-3905**

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

В мясе птицы, выращенной с применением концентрата витаминов Е и F, повышается уровень эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот и содержится в 2,5 раза больше токоферолов и в 1,5 раза меньше холестерина, его относительная биологическая ценность на 2,4% выше, чем в контроле. **Ключевые слова:** мясо цыплят, полиненасыщенные жирные кислоты, холестерол, токоферолы, концентрат витаминов Е и F из рапсового масла.

## LIPID COMPOSITION AND BIOLOGICAL VALUE OF MEAT IN BROILER CHICKENS WHEN FED A CONCENTRATE OF VITAMINS E AND F FROM RAPESEED OIL

Sandul P.A., Sobolev D.T.

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

*In the meat of poultry grown with the use of the vitamins E and F concentrate the level of essential polyunsaturated fatty acids increases, and it contains 2.5 times more tocopherols and 1.5 times less cholesterol, its relative biological value is 2.4% higher than in the control. **Keywords:** chicken meat, polyunsaturated fatty acids, cholesterol, tocopherols, vitamin E and F concentrate from rapeseed oil.*

**Введение.** Отрасль птицеводства в Республике Беларусь является наиболее специализированной, эффективной и развитой в агропромышленном комплексе. Развитие бройлерной промышленности обусловлено диетической ценностью птичьего мяса, возможностью его круглогодичного производства, высокой скоростью роста бройлеров, невысокими затратами корма на каждый килограмм прироста живой массы. Обеспечение высокой продуктивности бройлеров при низких затратах кормов на единицу продукции требует использования высокопитательных комбикормов, изготовленных из качественных компонентов [2, 4, 9].

Известно, что при необеспечении потребности птицы в питательных и биологически активных веществах, на фоне высокой антигенной нагрузки, вследствие интенсивной схемы вакцинации могут нарушаться обменные процессы, в том числе и обмен липидов [6–8]. Поэтому в кормлении цыплят-бройлеров успешно используют кормовые добавки, содержащие витамины, микро- и макроэлементы и другие биодобавки. Особое внимание в этом отношении заслуживает применение в кормлении бройлеров токоферолов и ненасыщенных жирных кислот [3, 4, 9].

**Целью наших исследований** явилось определение влияния концентрата витаминов E и F на липидный состав и биологическую ценность мяса у цыплят-бройлеров.

**Материалы и методы исследований.** В условиях ОАО «Смолевичская бройлерная птицефабрика» мы провели испытания концентрата токоферолов и витамина F при его скармливании в дозе 0,03–0,06% к массе комбикорма с целью изучения его влияния на качественные показатели мяса цыплят-бройлеров кросса «Росс 300» (содержание витамина E, липидный состав). Концентрат витаминов токоферолов из рапсового масла скармливали цыплятам в птичнике 1–6 (опыт), а птицы птичника 1–7 (контроль) получали основной рацион. Ввод концентрата проводился согласно схеме: 1 фаза – возраст птицы 1–7 суток – 0,03% от массы комбикорма; 2 фаза – возраст птицы с 8 суток и до завершения периода откорма – 0,06% от массы комбикорма. Двухфазный ввод витаминного концентрата учитывает возрастные особенности физиологического развития птицы, находящейся на разных стадиях технологического процесса, т.е. в течение всего периода откорма (1–44 суток). Применение препарата не зависело от типа оборудования для кормления и поения. Бройлеры содержались на глубокой несменяемой подстилке. В период проведения опыта в профилактических целях применялись вакцины, ветеринарные препараты и витаминные комплексы, согласно технологической схеме, разработанной в хозяйстве.

В условиях ОАО «Агрокомбинат «Дзержинский» Дзержинского района Минской области на цыплятах-бройлерах кросса «Кобб 500» нами изучалось влияние концентрата токоферолов и витамина F из рапсового масла на липидный состав мяса и его органолептические, физико-химические, биологические показатели. Опытная группа птиц (моноблок 15–1) получала основной рацион (с 7-го по 21-й день – ПК-5Б, с 21-го по 40-й день – ПК-6Б и с 40-го по 47-й день – ПК-6Б-финиш), а дополнительно к нему – концентрат токоферолов из расчета 0,03% к массе комбикорма в 1-й период выращивания до 7 суток и 0,06% – во 2-й период. Контрольной группе птиц (моноблок 15–4) скармливали основной рацион без добавок. Оценку качества мяса проводили согласно ГОСТ 7702.0–74 «Мясо птицы. Методы отбора образцов. Органолептические методы оценки качества»; ГОСТ 7702.1–74 «Мясо птицы. Методы химического и микроскопического анализа свежести мяса»; ГОСТ 7702.2.0–95 «Мясо птицы, субпродукты, полуфабрикаты птичьих. Методы отбора проб и подготовка к микробиологическим исследованиям». В мясе бройлеров определяли количество аминокислот азота и летучих жирных кислот – методом титрования, содержание полипептидов и других продуктов распада белков – реакцией с серноокислой медью, концентрацию водородных ионов (pH) – ионометром. Из глубоких слоев мышц-сгибателей для исследования микробной обсемененности делали мазки-отпечатки, окрашивали по Граму и микроскопировали. Биологическую ценность и безвредность мяса и почек кур, находившихся в опыте, определяли согласно «Методическим указаниям по токсико-биологической оценке мяса, мясных продуктов и молока с использованием инфузорий Тетрахимена пириформис», утвержденным ГУВ МСХП РБ, 1997 г. [2]. Определение содержания жирных кислот и общего холестерина в образцах тушек цыплят-бройлеров проводили в ГУ «Республиканский научно-практический центр гигиены» газохроматографическим методом, а витамин E – по ГОСТ 30627.3-98 [5].

Полученный в ходе опытов цифровой материал подвергался биометрической обработке методами вариационной статистики с помощью программного средства Microsoft Excel. При помощи средней арифметической и ее стандартной ошибки ( $\bar{X} \pm m$ ) выражали достоверность результатов, а уровни значимости критерия достоверности выражали: \* $p \leq 0,05$ ; \*\* $p \leq 0,01$ ; \*\*\* $p \leq 0,001$  [1].

**Результаты исследований.** В таблице 1 представлены результаты изучения липидного состава мяса бройлеров кросса «Росс 300».

**Таблица 1 – Липидный состав мяса цыплят-бройлеров кросса «Росс 300»**

Группы птиц	Показатели								
	Жирнокислотный состав мяса цыплят, % от суммы жирных кислот:								
	Миристиновая	Пальмитиновая	Пальмитолеиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линолеиновая	Арахидоновая	Другие жирные кислоты
Контроль	0,7	19,3	4,0	5,0	44,6	18,6	4,9	0,3	2,6
Опыт	0,5	18,0	4,1	4,7	46,2	18,9	5,2	0,4	2,0
	Общий холестерол, г/100 г					Токоферолы, мг/100 г			
Контроль	0,03					0,8			
Опыт	0,02					2,0			

Анализ содержания жирных кислот в мясе цыплят кросса «Росс 300» (таблица 4) показал, что содержание насыщенных миристиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот у цыплят, получавших витаминный концентрат, ниже, чем у контрольных цыплят на 28,6, 6,7 и 6% соответственно. При этом содержание ненасыщенных жирных кислот в мясе у данных цыплят, напротив, было выше, чем в контроле. Наиболее заметно это отмечалось со стороны полиненасыщенных кислот линоленовой (на 0,3%) и арахидоновой (на 0,1%). Уровень общего холестерина в мясе бройлеров данной группы был в 1,5 раза ниже, чем в контроле, а концентрация токоферолов – в 2,5 раза выше, чем в контрольной группе.

**Таблица 2 – Липидный состав мяса цыплят-бройлеров кросса «Кобб 500»**

Группы птиц	Показатели						
	Жирнокислотный состав мяса цыплят, % от суммы жирных кислот:						
	Миристиновая	Пальмитиновая	Пальмитолеиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Линолеиновая
Контроль	0,5	17,6	3,1	6,2	41,5	26,9	2,3
Опыт	0,5	20,4	4,8	6,1	41,1	23,5	2,1
	Общий холестерол, г/100 г				Токоферолы, мг/100 г		
Контроль	0,08				0,54		
Опыт	0,06				0,66		

Как видно из таблицы 2, введение в рацион цыплят концентрата витаминов Е и F из рапсового масла не оказало отрицательного влияния на потребительские свойства мяса бройлеров. В мышечной ткани птицы всех групп отмечено высокое содержание легкоусвояемых мононенасыщенной олеиновой кислоты и полиненасыщенных линолевой и линоленовой кислот, являющихся незаменимыми и способствующими снижению уровня общего холестерина в крови. Содержание общего холестерина в мясе бройлеров опытной группы было в 1,33 раза ниже, чем в контрольных образцах. Концентрация токоферолов у цыплят указанной группы превышала данный показатель в контроле в 1,22 раза.

Результаты физико-химического исследования мяса и жира представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Физико-химические показатели мяса и жира цыплят-бройлеров кросса «Кобб 500»**

Группы птиц	Показатели					
	Мясо				Жир	
	Концентрация водородных ионов, (pH)	Реакция с сернистой медью	Аминокислотный азот, мг %	Летучие жирные кислоты, мг КОН	Кислотное число, мг КОН	Перекисное число, % йода
Контроль	5,53±0,02	–	79,0±4,9	3,48±0,064	0,87±0,03	0,0079±0,00
Опыт	5,70±0,09	–	81,0±1,7	3,59±0,13	0,90±0,05	0,0076±0,000

Примечание. «–» – реакция отрицательная.

При изучении данных таблицы 3 установлено, что исследуемые показатели не превышали уровня, характерного для доброкачественного, свежего мяса и жира; достоверных различий между опытной группой и контролем не установлено. При определении биологической ценности и безвредности мяса и почек подопытных кур с помощью инфузорий Тетрахимена пириформис в связи с тем, что измененные формы инфузорий в опытных и контрольных образцах мяса и субпродуктов отсутствовали, вредного воздействия на простейшие тест-организмы не выявлено. Относительная биологическая ценность мяса (%) опытной группы по отношению к мясу кур контрольной группы составила 102,4, почек – 102,7.

**Заклучение.** Применение с кормом концентрата витаминов Е и F из рапсового масла цыплятам-бройлерам из расчета 0,03-0,06% к массе корма в течение всего периода выращивания сопровождается повышением уровня эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот – линоленовой и арахидоновой, а также снижением содержания холестерина до 1,5 раза и повышением концентрации токоферолов до 2,5 раза в сравнении с контрольной группой. Это обуславливает высокие ветеринарно-санитарные показатели получаемой продукции и повышение ее относительной биологической ценности на 2,4%.

**Conclusion.** The use of a concentrate of vitamins E and F from rapeseed oil for broiler chickens at a rate of 0.03-0.06% by feed weight during the entire growing period is accompanied by an increase in the level of essential polyunsaturated fatty acids – linolenic and arachidonic, as well as a decrease in cholesterol content up to 1.5 times and increase in the concentration of tocopherols up to 2.5 times in comparison with the control group. This leads to high veterinary and sanitary indicators of the resulting products and an increase in their relative biological value by 2.4%.

**Список литературы.** 1. Биометрия : учебно-методическое пособие по дисциплине «Биометрия» для магистрантов по специальности «Ветеринария» / Т. В. Павлова, В. Ф. Соболева, Т. В. Видасова. – Витебск : ВГАВМ, 2022. – 74 с. 2. Готовский, Д. Г. Ветеринарно-санитарная оценка продуктов убоя птицы при использовании порошкообразного дезинфицирующего средства / Д. Г. Готовский, И. Д. Басалай // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2023. – № 1(18). – С. 14–18. 3. Готовский, Д. Г. Использование органических кислот для повышения адаптивных свойств организма молодняка животных / Д. Г. Готовский, А. П. Демидович, В. В. Кондакова // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2019. – № 2(11). – С. 21–26. 4. Капитонова, Е. А. Влияние регуляторного комплекса «Байпас» на мясную продуктивность цыплят-бройлеров / Е. А. Капитонова, Д. Г. Готовский, В. В. Янченко // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2022. – № 2(17). – С. 69–71. 5. Клиническая лабораторная диагностика (методы и трактовка лабораторных исследований) / под ред. проф. В. С. Камышников. – 2-е изд. – Москва : МЕДпресс-информ, 2017. – 720 с. 6. Особенности липидного обмена у ремонтного молодняка кур, вакцинированных против ИЛТ / Д. Т. Соболев [и др.] // Птицеводство Беларуси. – 2004. – № 3. – С. 16–21. 7. Сандул, П. А. Состояние белкового и липидного обменов у цыплят-бройлеров при применении препаратов, содержащих витамин Е / П. А. Сандул, Д. Т. Соболев // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2016. – Т. 52, вып. 2. – С. 78–81. 8. Особенности липидного обмена ремонтного молодняка кур, вакцинированных против ИБК / Д. Т. Соболев [и др.] // Птицеводство Беларуси. – 2003. – № 3. – С. 9–11. 9. Фисинин, В. И. Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: тепловой стресс (обзор) / В. И. Фисинин, Э. Р. Сайфульмулюков, А. В. Мифтахутдинов // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 4. – С. 31–47.

**References.** 1. Biometriya : uchebno-metodicheskoe posobie po discipline «Biometriya» dlya magistrantov po specialnosti «Veterinariya» / T. V. Pavlova, V. F. Soboleva, T. V. Vidasova. – Vitebsk : VGAVM, 2022. – 74 s. 2. Gotovskij, D. G. Veterinarno-sanitarnaya ocenka produktov uboya pticy pri ispolzovanii poroshkoobraznogo dezinficiruyushhego sredstva / D. G. Gotovskij, I. D. Basalaj // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2023. – № 1(18). – S. 14–18. 3. Gotovskij, D. G. Ispolzovanie organicheskikh kislot dlya povysheniya adaptivnykh svojstv organizma molodnyaka zhivotnyh / D. G. Gotovskij, A. P. Demidovich, V. V. Kondakova // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2019. – № 2(11). – S. 21–26. 4. Kapitonova, E. A. Vliyanie reguljatornogo kompleksa «Bajpas» na myasnuyu produktivnost cyplyat-brojlerov / E. A. Kapitonova, D. G. Gotovskij, V. V. Yanchenko // Veterinarnyj zhurnal Belarusi. – 2022. – № 2(17). – S. 69–71. 5. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika (metody i traktovka laboratornyh issledovanij) / pod red. prof. V. S. Kamyshnikova. – 2-e izd. – Moskva : MEDpress-inform, 2017. – 720 s. 6. Osobennosti lipidnogo obmena u remontnogo molodnyaka kur, vakcinirovannyh protiv ILT / D. T. Sobolev [i dr.] // Pticevodstvo Belarusi. – 2004. – № 3. – S. 16–21. 7. Sandul, P. A. Sostoyanie belkovogo i lipidnogo obmenov u cyplyat-brojlerov pri primenenii preparatov, soderzhashih vitamin E / P. A. Sandul, D. T. Sobolev // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya ve-terinarnoj mediciny». – 2016. – T. 52, vyp. 2. – S. 78–81. 8. Osobennosti lipidnogo obmena remontnogo molodnyaka kur, vakcinirovannyh protiv IBK / D. T. Sobolev [i dr.] // Pticevodstvo Belarusi. – 2003. – № 3. – S. 9–11. 9. Fisinin, V. I. Specializirovannye farmakologicheskie preparaty i kormovye dobavki, primenyaemye v pticevodstve dlya profilaktiki tehnologicheskikh stressov: teplovoj stress (obzor) / V. I. Fisinin, E. R. Sajfulmulyukov, A. V. Miftahutdinov // Dostizheniya nauki i tehniki APK. – 2023. – T. 37, № 4. – S. 31–47.

Поступила в редакцию 03.06.2024.

# СОДЕРЖАНИЕ

## Ветеринария

1. **ИЗМЕНЕНИЕ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНОВ ПРО- И ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЦИТОКИНОВ В КРОВИ КОРОВ ПРИ ТЕРАПИИ ХРОНИЧЕСКОГО ЭНДОМЕТРИТА** 4  
**Болотова В.С., Михалёв В.И., Пасько Н.В.**  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
2. **МОРФО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕКРЕТА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ КЛИНИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ И БОЛЬНЫХ МАСТИТОМ КОРОВ В РАЗНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ЛАКТАЦИИ** 8  
**Зимников В.И., Павленко О.Б., Манжурина О.А., Тюрина Е.В.**  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
3. **СТРУКТУРНАЯ АДАПТАЦИЯ РУБЦОВОЙ СТЕНКИ У ОВЕЦ К ОТХОДАМ СОЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА** 13  
**Карамушкина С.В., Курятова Е.В., Вадько А.В., Осипов Я.А.**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, Российская Федерация
4. **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛИТИЯ ТАУРАТА НА ОРГАНЫ КРЫС** 17  
**Лях А.Л., Минич А.В., Панковец Е.М.**  
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
5. **ОБМЕН ВЕЩЕСТВ МОЛОДНЯКА КУР КРОССА ДЕКАЛЬ УАЙТ В ВОЗРАСТЕ 42, 90 И 105 СУТОК** 26  
**Малкова Н.Н., Залюбовская Е.Ю., Мансурова М.С., Остякова М.Е.**  
ФГБНУ «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт», г. Благовещенск, Российская Федерация
6. **ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ» НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ ГОМЕОСТАЗ ПОРОСЯТ-ГИПОТРОФИКОВ РАННЕГО НЕОНАТАЛЬНОГО ПЕРИОДА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО СВИНОВОДСТВА** 34  
**\*Михайлов Е.В., \*Паршин П.А., \*\*Саврасов Д.А., \*Шутиков В.А., \*Шабунин Б.В., \*Некрасов А.В., \*\*\*Прокулевич 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  
\*\*\*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
7. **СОДЕРЖАНИЕ МАКРО-, МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В КРОВИ КОРОВ ПРИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОМ И ОСЛОЖНЕННОМ ТЕЧЕНИИ ГЕСТАЦИИ** 40  
**Михалёв В.И., Скориков В.Н., Чусова Г.Г.**  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
8. **ИЗУЧЕНИЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ СХЕМЫ ЛЕЧЕНИЯ СУБКЛИНИЧЕСКОГО МАСТИТА КОРОВ** 44  
**Перегончий А.Р., Павленко О.Б., Зимников В.И.**  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

9. **ГИСТОПАТОЛОГИЯ И ИММУНОЛОКАЛИЗАЦИЯ МАТРИКСНОЙ МЕТАЛЛОПРОТЕИНАЗЫ (ММР-2) И ЕГО ИНГИБИТОРА (TIMP-2) В ПЛАЦЕНТЕ У КОРОВ ПРИ ЗАДЕРЖАНИИ ПОСЛЕДА** 48  
**Племяшов К.В., Авдеенко В.С., Мороз А.И., Сафронов Д.И.**  
 ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
10. **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАТА ВИТАМИНОВ Е И F ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИММУНИТЕТА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ** 55  
**Сандул П.А., Соболев Д.Т.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
11. **СОСТОЯНИЕ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА У СВИНОМАТОК С ПОСЛЕРОДОВОЙ ПАТОЛОГИЕЙ** 59  
**Сашнина Л.Ю., Шахов А.Г., Манжурина О.А., Коцарев В.Н., Чусова Г.Г.**  
 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
12. **ВЕТЕРИНАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ИММУНОПРОФИЛАКТИКИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА** 63  
**\*Тюрин В.Г., \*Потемкина Н.Н., \*\*Семенов В.Г., \*\*Кондручина С.Г., \*\*\*Родионова Н.С., \*\*\*Капитонова Е.А.**  
 \*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 бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация
13. **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕСТРОЙКИ НАДПОЧЕЧНИКОВ И УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ У ВЫДРЫ РЕЧНОЙ В ЗОНЕ ВЫСОКОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ** 68  
**Федотов Д.Н.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
14. **ВЛИЯНИЕ ВАКЦИНАЦИИ ПОРОСЯТ ПРОТИВ КЛАССИЧЕСКОЙ ЧУМЫ И РОЖИ СВИНЕЙ НА ПРО- И АНТИОКСИДАНТНЫЙ СТАТУС** 75  
**Шахов А.Г., Сашнина Л.Ю., Востроилова Г.А., Владимирова Ю.Ю., Никоненко Г.В., Шабанов Д.И.**  
 ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
15. **НАПРЯЖЕННОСТЬ КОЛОСТРАЛЬНОГО ИММУНИТЕТА У ТЕЛЯТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ АССОЦИИРОВАННОЙ ВАКЦИНЫ «РОТАКОР-К»** 80  
**Яромчик Я.П.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

## Зоотехния

16. **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ПРЕМИКСА ДЛЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ В ПЕРВУЮ ФАЗУ СУХОСТОЙНОГО ПЕРИОДА** 85  
**\*Карпеня М.М., \*\*Клундук Л.Ф., \*Подрез В.Н., \*\*Орехво Д.А., \*Горовенко М.В., \*Медведская Т.В., \*Карпеня С.Л., \*Гуйван В.В.**  
 \*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь  
 \*\*ЗАО «Консул», г. Брест, Республика Беларусь
17. **КОРМОВАЯ ДОБАВКА «МДК» В РАЦИОНАХ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ** 88  
**Карпеня М.М., Лопатина Е.А., Подрез В.Н., Карпеня С.Л., Шамич Ю.В.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
18. **ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ БЫКОВ-ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В СОСТАВ РАЦИОНА ПРОДУКТА ПЕПТИДНО-АМИНОКИСЛОТНОГО ХЕЛАТИРОВАННОГО «ПАД-3»** 92  
**Крыцына А.В.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
19. **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМОРФИЗМА ГЕНОВ ДИАЦИЛГЛИЦЕРОЛ О-АЦИЛ ТРАНСФЕРАЗЫ 1 (DGAT1), СОМАТОТРОПИНА (GH), ПРОЛАКТИНА (PRL) И БЕТА-ЛАКТОГЛОБУЛИНА (BLG) НА ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ МОЛОЧНОГО СКОТА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ** 97  
**Михалюк А.Н., Пешко Н.Н, Танана Л.А.**  
 УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь
20. **ВЛИЯНИЕ ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ И ПРОТЕИНОВУЮ ПИТАТЕЛЬНОСТЬ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ** 106  
**Моисеева М.О., Зенькова Н.Н., Ковалёва И.В., Шлома Т.М., Синцерова А.М., Ганущенко О.Ф.**  
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

## Биология

21. **УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ  $^{137}\text{Cs}$  В ТКАНЯХ И ОРГАНАХ ЕНОТОВИДНОЙ СОБАКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ РАЗНОГО УРОВНЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В АРЕАЛЕ ОБИТАНИЯ** 112  
**\*Ковалев К.Д., \*\*Юрченко И.С., \*Федотов Д.Н.**  
 \*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь  
 \*\*Государственное природоохранное научно-исследовательское учреждение «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник», г. Хойники, Республика Беларусь
22. **АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРМИКОПОСТА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА** 116  
**Коровин А.А., Голембовский В.В., Сергеева Н.В.**  
 Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Михайловск, Российская Федерация

23. **ТИОАЦЕТАМИД-ИНДУЦИРОВАННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ФИБРОЗ И ЦИРРОЗ ПЕЧЕНИ: ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УРОВНЯМИ мРНК Nos2, Mmp-9, Yap1 и микроРНК** 121  
**\*Лебедева Е.И., \*Щастный А.Т., \*\*Бабенко А.С., \*\*\*Зиновкин Д.А., \*\*\*Надыров Э.А.**  
\*УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь  
\*\*УО «Белорусский государственный медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь  
\*\*\*УО «Гомельский государственный медицинский университет», г. Гомель, Республика Беларусь
24. **ЛИПИДНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ МЯСА У ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ИМ КОНЦЕНТРАТА ВИТАМИНОВ Е И F ИЗ РАПСОВОГО МАСЛА** 130  
**Сандул П.А., Соболев Д.Т.**  
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь



## **Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»**

Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины является старейшим учебным заведением в Республике Беларусь, ведущим подготовку врачей ветеринарной медицины, ветеринарно-санитарных врачей, провизоров ветеринарной медицины и зооинженеров.

Вуз представляет собой академический городок, расположенный в центре города на 17 гектарах земли, включающий в себя единый архитектурный комплекс учебных корпусов, клиник, научных лабораторий, библиотеки, студенческих общежитий, спортивного комплекса, Дома культуры, столовой и кафе, профилактория для оздоровления студентов. В составе академии 3 факультета: ветеринарной медицины; биотехнологический; повышения квалификации и переподготовки кадров агропромышленного комплекса. В ее структуру также входят Аграрный колледж УО ВГАВМ (п. Лужесно, Витебский район), филиалы в г. Речице Гомельской области и в г. Пинске Брестской области, первый в системе аграрного образования НИИ прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии (НИИ ПВМ и Б).

В настоящее время в академии обучаются более 3 тысяч студентов, как из Республики Беларусь, так и из стран ближнего и дальнего зарубежья. Учебный процесс обеспечивают 269 преподавателей. Среди них 140 кандидатов, 27 докторов наук и профессоров.

Помимо того, академия ведет подготовку научно-педагогических кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов наук), переподготовку и повышение квалификации руководящих кадров и специалистов агропромышленного комплекса, преподавателей средних специальных сельскохозяйственных учебных заведений.

Научные изыскания и разработки выполняются учеными академии на базе Научно-исследовательского института прикладной ветеринарной медицины и биотехнологии. В его состав входит 2 отдела: научно-исследовательских экспертиз (с лабораторией биотехнологии и лабораторией контроля качества кормов); научно-консультативный.

Располагая современной исследовательской базой, научно-исследовательский институт выполняет широкий спектр фундаментальных и прикладных исследований, осуществляет анализ всех видов биологического материала и ветеринарных препаратов, кормов и кормовых добавок, что позволяет с

помощью самых современных методов выполнять государственные тематики и заказы, а также на более высоком качественном уровне оказывать услуги предприятиям агропромышленного комплекса. Активное выполнение научных исследований позволило получить сертификат об аккредитации академии Национальной академией наук Беларуси и Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь в качестве научной организации. Для проведения данных исследований отдел научно-исследовательских экспертиз аккредитован в Национальной системе аккредитации в соответствии с требованиями стандарта СТБ ИСО/МЭК 17025.

Обладая большим интеллектуальным потенциалом, уникальной учебной и лабораторной базой, вуз готовит специалистов в соответствии с европейскими стандартами, является ведущим высшим учебным заведением в отрасли и имеет сертифицированную систему менеджмента качества, соответствующую требованиям ISO 9001 в национальной системе (СТБ ISO 9001 – 2015).

***www.vsavm.by***

*210026, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11,  
факс (0212) 48-17-65,*

*тел. 33-16-29 (отдел международного сотрудничества,  
профориентационной работы и довузовской подготовки);*

*тел. 33-16-17 (НИИ ПВМ и Б); E-mail: pk\_vgavm@vsavm.by.*

Ответственный за выпуск А. И. Ятусевич  
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 5.09.2024 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Печать ризографическая. Усл. п. л.16,27. Уч.-изд. л.13,83.  
Тираж 50 экз. Заказ 4644.

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 782078 010007