

ISSN 2078-0109

Ученые Записки



Том 61
Выпуск 4
2025 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 61, выпуск 4
 (октябрь – декабрь) 2025 г.**

Редакционная коллегия:

Горлова Ольга Сергеевна – кандидат ветеринарных наук, доцент, ректор (главный редактор);

Руколь Василий Михайлович – доктор ветеринарных наук, профессор (первый заместитель главного редактора);

Субботина Ирина Анатольевна – кандидат ветеринарных наук, доцент (заместитель главного редактора);

Маценович Мария Степановна – кандидат ветеринарных наук (ответственный секретарь);

Бабина Мария Павловна – доктор ветеринарных наук, профессор;

Белова Лариса Михайловна – доктор биологических наук, профессор;

Бычкова Елизавета Игнатьевна – доктор биологических наук, профессор;

Гнедов Александр Александрович – доктор технических наук, профессор;

Громов Игорь Николаевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Ивановский Владимир Валентинович – доктор биологических наук, профессор;

Карпеня Михаил Михайлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Котарев Вячеслав Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Красочко Петр Альбинович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Кузьмич Ростислав Григорьевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Лысенко Александр Павлович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Малашко Виктор Викторович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Мотузко Николай Степанович – кандидат биологических наук, доцент;

Паршин Павел Андреевич – доктор ветеринарных наук, профессор;

Прищепа Инна Михайловна – доктор биологических наук, профессор;

Субботин Александр Михайлович – доктор биологических наук, профессор;

Токарев Владимир Семенович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

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

Шахов Алексей Гаврилович – доктор ветеринарных наук, профессор;

Юнусов Худайназар Бекназарович – доктор биологических наук, профессор;

Ятусевич Антон Иванович – доктор ветеринарных наук, профессор.

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

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

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

Периодичность издания – 4 раза в год.

Индекс по индивидуальной подписке – 00238

Индекс по ведомственной подписке – 002382

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

Все статьи рецензируются.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Рекомендуется цитировать не менее 8, но не более 10 источников. Список литературы должен содержать не менее 3 ссылок на публикации в журнале «Ученые записки УО ВГАВМ». В статье не допускаются ссылки на авторефераты диссертационных работ или сами диссертации, т.к. они являются рукописями. Ссылки на журнальные статьи должны содержать DOI.

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

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

Статьи объемом **14 000 - 16 000 знаков с пробелами** (объем статьи учитывается со списком литературы – 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.

Публикация материалов в журнале бесплатная.

От **одного автора** может быть принято не более **двух статей** в личном или коллективном исполнении. Статьи будут дополнительно рецензироваться. **Редакционная коллегия 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,
Владимирова Ю.Ю. ORCID ID 0000-0001-8888-7264**
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии
и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

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

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

Shakhov A.G., Sashnina L.Yu., Tarakanova K.V., Karmanova K.V., Vladimirova Yu.Yu.
FSBI "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, Л. Ю. Сашнина, Ю. Ю. Владимирова [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, L. Yu. Sashnina, Yu. Yu. Vladimirova [et al.] // Bulletin of veterinary pharmacology. – 2020. – № 2 (11). – P. 143–156.

E-mail: Olga12@vsavm.by

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

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-4-10

УДК 579.62:577.29

ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ «ЭНРОФЛОКСОВЕТФЕРОН-Б» И «БИФЕРОН-С» НА СОСТАВ МИКРОБИОТЫ МАТОЧНО-ВАГИНАЛЬНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГЕНОВ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ КОРОВ, БОЛЬНЫХ ЭНДОМЕТРИТОМ

****,**Сыромятников М.Ю. ORCID ID 0000-0001-9028-0613, *Шабунин С.В. ORCID ID 0000-0002-2689-6998, **Погорелова С.В. ORCID ID 0009-0002-7924-8027, ***Кривоносова Д.С., *Михайлов Е.В. ORCID ID 0000-0001-5457-1325**

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

**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация

***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация

*Работа посвящена анализу распространенности генов антибиотикорезистентности в микробиоте маточно-вагинальных выделений коров с эндометритом до и после применения биопрепаратов на основе интерферона. С помощью ПЦР-РВ было выявлено увеличение бактерий типа Firmicutes и снижение уровня Bacteroidetes, Actinobacteria, Betaproteobacteria на фоне терапии препаратом «Биферон-С». В свою очередь, препарат «Энрофлоксветферон-Б» способствовал уменьшению количества бактерий Betaproteobacteria и Actinobacteria, в сравнении с группой «Больные». Анализ генов антибиотикорезистентности показал наличие в микробиоте 10 генов. Более эффективное воздействие на резистентные популяции оказал препарат «Энрофлоксветферон-Б», был детектирован только один ген ermB. **Ключевые слова:** коровы, эндометрит, гены, антибиотикорезистентность, микробиом, антибиотик.*

EFFECT OF PREPARATIONS "ENROFLOXOVETFERON-B" AND "BIFERON-S" ON THE MICROBIOME OF UTERINE-VAGINAL SECRETIONS AND THE PREVALENCE OF ANTIBIOTIC RESISTANCE GENES IN COWS WITH ENDOMETRITIS

****,**Syromyatnikov M.Yu., *Shabunin S.V., **Pogorelova S.V., ***Krivonosova D.S., *Mikhaylov E.V.**

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

**FSBEI HE "Voronezh State University of Engineering Technologies", Voronezh, Russian Federation

***FSBEI HE "Voronezh State University", Voronezh, Russian Federation

*The study is devoted to the analysis of the prevalence of antibiotic resistance genes in the microbiota of uterine-vaginal secretions of cows with endometritis before and after the use of interferon-based biopreparations. Using RT-PCR, an increase in Firmicutes bacteria and a decrease in the level of Bacteroidetes, Actinobacteria, Betaproteobacteria were detected against the background of therapy with the drug "Biferon-S". In turn, the drug "Enrofloxacinferon-B" contributed to a decrease in the number of Betaproteobacteria and Actinobacteria bacteria, in comparison with the "Sick" group. Analysis of antibiotic resistance genes showed the presence of 10 genes in the microbiota. The drug "Enrofloxacinferon-B" had a more effective impact on resistant populations; only one gene, ermB, was detected. **Key-words:** cows, endometritis, genes, antibiotic resistance, microbiome, antibiotic.*

Введение. Репродуктивный тракт коровы заселен различной микрофлорой, играющей важную роль в формировании местного иммунитета. Нормальная вагинальная микрофлора крупного рогатого скота состоит преимущественно из представителей филумов: *Tenericutes*, *Firmicutes* и *Bacteroidetes*, при этом в меньшем количестве присутствуют *Proteobacteria* и *Actinobacteria*. Особое значение имеют бактерии из филума *Firmicutes*, которые непосредственно влияют на формирование иммунного ответа и поддержания баланса между здоровой и патогенной микрофлорой [1]. В частности, бактерии из семейства *Bifidobacteriaceae* способны конкурировать с патогенными и условно-патогенными микроорганизмами за питательные вещества и сайты связывания на слизистой оболочке [2]. Бактерии из семейства *Lactobacillaceae* обеспечивают корректный уровень местных иммунных механизмов, наряду с этим продукт их жизнедеятельности, молочная кислота, способствует поддержанию слабокислой среды во влагалище, что является дополнительным защитным механизмом от патогенов [3]. У здоровой коровы после отела микробиом самостоятельно справляется с патогенными организмами, вызывая мощный иммунный ответ. Однако при послеродовых травмах или неправильных условиях содержания, снижающих иммунитет, наблюдается дисбаланс в микробиоме в сторону патогенных микроорганизмов, что ведет к развитию эндометрита [4]. Так, эндометрит является весьма распространенным

заболеванием, связанным с поражением слизистой оболочки матки коров в послеродовой период [5]. Согласно исследованиям, от 22,5% до 38,4% отелившихся коров страдают от различных форм эндометрита [6].

Клинический эндометрит ассоциируется с видами *Escherichia coli*, *Arcanobacterium pyogenes*, *Fusobacterium necrophorum* и *Prevotella sp.*, которые, предположительно, попадают в организм через фекалии, загрязнение шерсти, подстилки и окружающей среды животных [7]. Патогенез заболевания включает сложное взаимодействие между патогенной микрофлорой и иммунной системой животного. Попадая в полость матки, бактерии активируют врожденный иммунный ответ, вызывая инфильтрацию нейтрофилами и выработку провоспалительных цитокинов (IL-1, TNF- α и др.), а также нарушение регенерации эпителия эндометрия [8].

Вопрос воспроизводимости потомства домашним скотом остается актуальным, поскольку при отсутствии своевременной диагностики и лечения эндометрит переходит в хроническую форму, что негативно сказывается на репродуктивной системе животных, вплоть до бесплодия [9]. Многочисленные исследования показывают, что у коров с данным заболеванием снижается вероятность наступления беременности и увеличивается риск ее прерывания [4]. Для снижения проблем воспроизводства крупного рогатого скота в животноводстве применяются различные методы диагностики и лечения. Однако основной проблемой лечения воспалительных процессов репродуктивной системы на сегодняшний день является развитие антибиотикорезистентности, в связи с чем требуется разработка новых подходов в лекарственной терапии [9].

Цель исследований – оценка распространенности генов антибиотикорезистентности в микробиоте маточно-вагинальных выделений больных эндометритом коров *Bos taurus domesticus* до и после применения биопрепаратов на основе интерферона.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлись образцы маточно-вагинальных выделений коров *Bos taurus domesticus*: первая группа образцов была взята у здоровых животных (группа «Здоровые»), вторая – у больных эндометритом (группа «Больные»). После терапии препаратом «Биферон-С» (ООО «Научно-производственный центр «ПроБиоТех», Беларусь) в течение 7 дней были взяты повторные пробы маточно-вагинальных выделений (группа «Биферон-С»). Аналогичные пробы были взяты после терапии больных эндометритом коров препаратом «Энрофлоксветферон-Б» (ООО «Научно-производственный центр «ПроБиоТех», Беларусь) в течение 7 дней (группа «Энрофлоксветферон-Б»). После отбора образцы были немедленно заморожены при -20°C до последующих этапов проведения анализа.

Выделение ДНК осуществляли комплектом реагентов ПРОБА-ГС (ДНК-технология, Россия) в соответствии с протоколом производителя. Концентрацию ДНК определяли с помощью спектрофотометра Hitachi F-7000 (Hitachi, Япония) при длине волны 260 нм. О степени чистоты полученных препаратов судили по соотношению A260/A280.

Полимеразную цепную реакцию проводили на амплификаторе «БИС» M111-02-48 (Термоциклер) согласно следующему протоколу:

1. Первичная денатурация – 95°C – 4 мин.
 - Денатурация – 95°C – 30 с
 - Отжиг – 54°C – 40 с
 - Элонгация – 72°C – 45 с

} 38 циклов

2. Инкубирование смеси при 72°C – 5 мин.

В состав реакционной смеси входили: ddH₂O – 16 мкл, ДНК-матрица – 2 мкл, смесь прямого и обратного праймеров (1:1) – 2 мкл, 5X ScreenMix-HS (Евроген, Россия) – 5 мкл.

Детекцию результатов ПЦР проводили в 2% агарозном геле и наблюдали наличие ПЦР продуктов длиной от 100 до 1000 п.о.

ПЦР в реальном времени проводили на амплификаторе CFX 96 C 1000 («BioRad», США) согласно следующему протоколу:

- Первичная денатурация – 95°C – 4 мин.
- Денатурация – 95°C – 20 с
- Отжиг – 56°C – 30 с
- Элонгация – 72°C – 30 с

} 39 циклов

В состав реакционной смеси входили: ddH₂O – 12 мкл, ДНК-матрица – 2 мкл, смесь прямого и обратного праймеров (1:1) – 2 мкл, 5x qPCRmix-HS SYBR (Евроген, Россия) – 4 мкл.

Все эксперименты были выполнены в четырех повторностях (n = 4). Полученные результаты были выражены как среднее значение \pm стандартная ошибка среднего. Дисперсионный анализ (ANOVA) был выполнен с пост-тестом Тьюки, рассматривающим р-значение < 0,05 как статистически значимое, с использованием программного обеспечения Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Результаты исследований. Анализ бактериальных филумов маточно-вагинальных выделений коров с помощью ПЦР-РВ позволил выявить статистически достоверные различия

между исследуемыми группами. Так, в группе больных коров наблюдается увеличение уровня *Bacteroidetes* относительно здоровых коров (23,32% против 66,01%, $p < 0,05$). После терапии препаратом «Биферон-С» уровень бактерий данного филума снизился относительно группы «Больные», но был статистически выше, чем у здоровых животных (23,32% против 51,90%, $p < 0,05$) (рисунок 1).

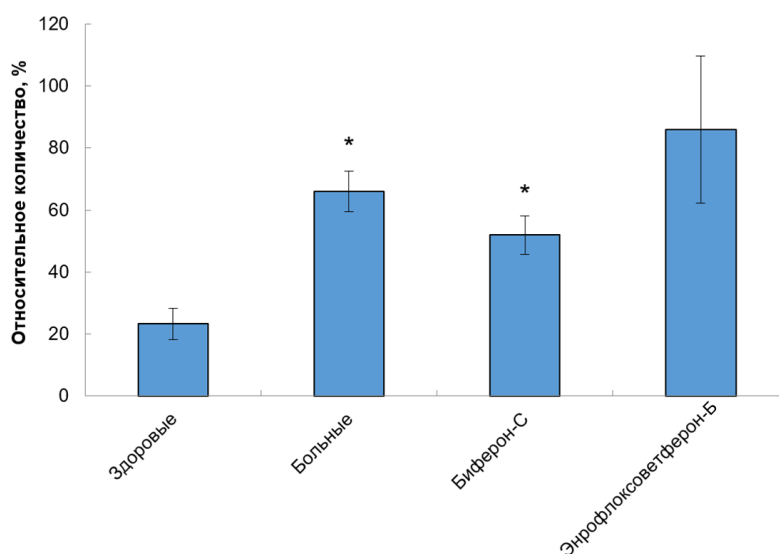


Рисунок 1 – Сравнительный анализ относительного количества бактерий филума *Bacteroidetes* в маточно-вагинальных выделениях коров из исследуемых групп; * – статистически значимые различия относительно группы «Здоровые» ($p < 0,05$)

Наблюдалось снижение относительного количества бактерий из филума *Firmicutes* в группе «Больные», в сравнении со здоровыми животными (76,11% против 29,16%, $p < 0,05$). В свою очередь, лечение бифероном-С способствовало частичному восстановлению бактерий данного филума (76,11% против 44,49%, $p < 0,05$), тогда как использование энрофлоксветферона-Б привело к резкому снижению представителей *Firmicutes* относительно группы «Здоровые» (76,11% против 13,09%, $p < 0,05$) (рисунок 2).

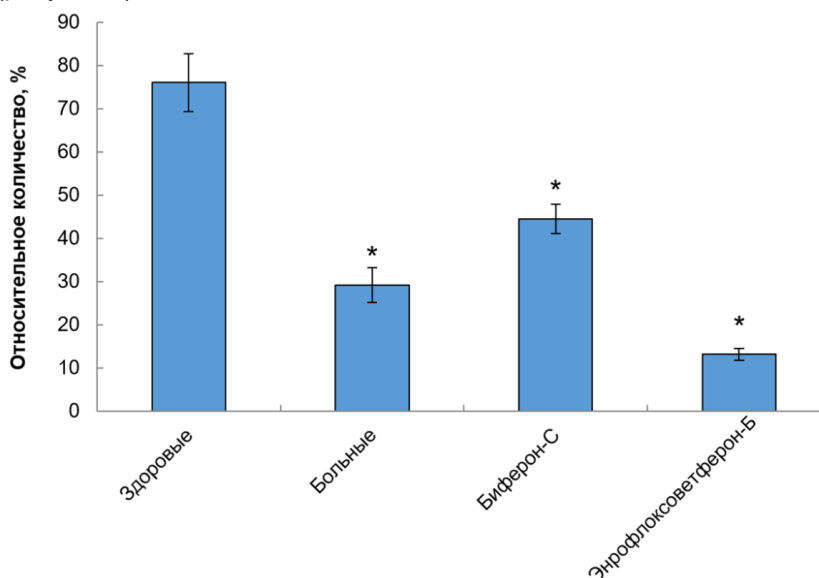


Рисунок 2 – Сравнительный анализ относительного количества бактерий филума *Firmicutes* в маточно-вагинальных выделениях коров из исследуемых групп; * – статистически значимые различия относительно группы «Здоровые» ($p < 0,05$)

В группе «Больные» было выявлено значительное увеличение доли *Actinobacteria* в сравнении с группой «Здоровые» (0,54% против 4,58%, $p < 0,05$). На фоне приема биферона-С также наблюдался рост бактерий филума *Actinobacteria* относительно здоровых животных (0,54% против 2,86%, $p < 0,05$), однако, следует отметить не такой большой, как в группе «Больные». Лечение препаратом «Энрофлоксветферон-Б» оказало более выраженное влияние на подавление

представителей *Actinobacteria* в сравнении с группой «Больные» (4,58% против 0,87%, $p < 0,05$) (рисунок 3).

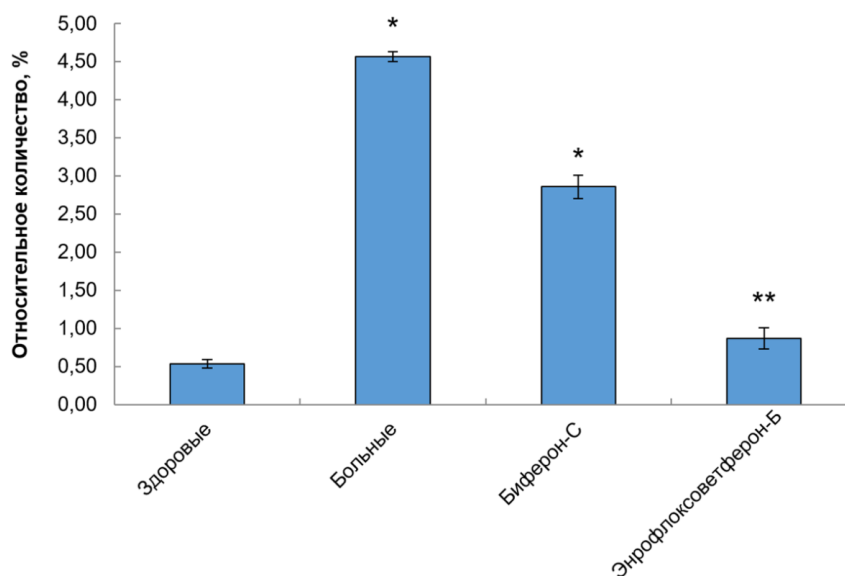


Рисунок 3 – Сравнительный анализ относительного количества бактерий филума *Actinobacteria* в маточно-вагинальных выделениях коров из исследуемых групп; * – статистически значимые различия относительно группы «Здоровые» ($p < 0,05$), ** – статистически значимые различия относительно группы «Больные» ($p < 0,05$)

Сравнительный анализ содержания бактериального состава выявил статистически значимое увеличение относительного количества бактерий *Betaproteobacteria* в группе «Больные» в сравнении с группой «Здоровые» (0,0067% против 0,101%, $p < 0,05$). Такой же резкий рост представителей данного филума наблюдается после терапии препаратом «Биферон-С» (0,0067% против 0,093%, $p < 0,05$). В то время как на фоне приема препарата «Энрофлоксветферон-Б2» уровень бактерий значительно снизился относительно группы «Больные» (0,101% против 0,0027%, $p < 0,05$) (рисунок 4).

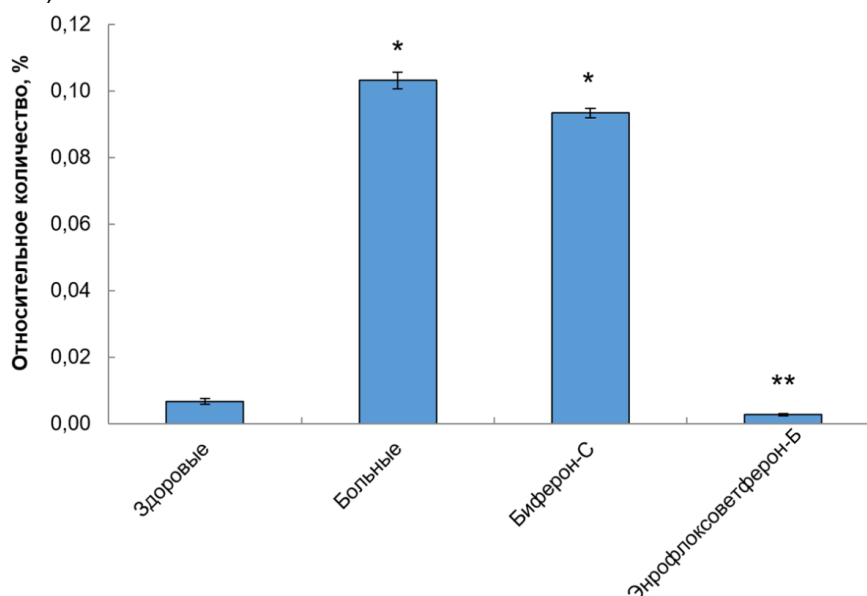


Рисунок 4 – Сравнительный анализ относительного количества бактерий филума *Betaproteobacteria* в маточно-вагинальных выделениях коров из исследуемых групп; * – статистически значимые различия относительно группы «Здоровые» ($p < 0,05$), ** – статистически значимые различия относительно группы «Больные» ($p < 0,05$)

В ходе исследования образцов микробиома маточно-вагинальных выделений было выявлено наличие генов устойчивости к антибиотикам. Ген *clr* обнаружен в образцах из группы «Здоровые», что составляет 10% от исследуемых нами генов антибиотикорезистентности. У больных животных

идентифицировано наличие 80% генов, таких как: *aacIh*, *mcr2*, *vim*, *mecA*, *aphIa*, *rmt55*, *antIa*, *aacIIa*. В то время как после терапии препаратом «Биферон-С» относительное содержание генов снизилось до 50% (*aacIh*, *mcr2*, *clr*, *aphIa*, *aacIb*). В свою очередь, более эффективным оказался препарат «Энрофлоксветферон-Б», снизив наличие генов резистентности к антибиотикам до 30%: *mcr2*, *vim*, *antIa* (таблица 1).

Таблица 1 – Наличие генов антибиотикорезистентности в различных образцах микробиома маточно-вагинальных выделений коров из исследуемых групп

Группы	<i>aacIh</i>	<i>mcr2</i>	<i>clr</i>	<i>Vim</i>	<i>mecA</i>	<i>aphIa</i>	<i>rmt55</i>	<i>antIa</i>	<i>aacIb</i>	<i>aacIIa</i>
«Здоровые»	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
«Больные»	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+
«Биферон-С»	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-
«Энрофлоксветферон-Б»	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-

Анализ результатов ПЦР-РВ выявил рост кривых флуоресценции с группами праймеров и зондов *floR*, *vanA*, *mec*, *ermB* (таблица 2).

Таблица 2 – Гены антибиотикорезистентности, идентифицированные с помощью ПЦР в реальном времени

Группы	Гены антибиотикорезистентности, значение Ct		
	<i>floR</i>	<i>vanA</i>	<i>ermB</i>
«Здоровые»	31,56±0,89	-	33,05±0,81
«Больные»	36,32±1,08	36,22±0,78	33,41±0,97
«Биферон-С»	35,14±1,01	-	37,49±1,16
«Энрофлоксветферон-Б»	-	-	35,20±1,25

Гены *floR* и *ermB* были обнаружены в образцах, взятых у клинически здоровых коров, однако уровни Ct выше по сравнению с больными, что может свидетельствовать о более низкой концентрации соответствующих микробных маркеров. Ген *vanA* не был детектирован, что ожидаемо для животных без клинических признаков.

В группе «Больные» выявлены все три гена устойчивости к антибиотикам, при этом *vanA* впервые фиксируется только в этой группе, что может свидетельствовать о появлении гликопептид-резистентной флоры на фоне патологии. Повышенные значения Ct по *floR* и *ermB*, по сравнению со здоровыми, указывают на количественные изменения микробиоты и возможную колонизацию устойчивыми к антибиотикам штаммами.

Терапия препаратом «Биферон-С» способствует снижению количества генов антибиотикорезистентности по сравнению с группой «Больные». Так, ген *floR* сохраняется с высоким Ct, а *ermB* демонстрирует еще более высокий показатель Ct (37,49), что указывает на возможное снижение бактериальной нагрузки, но не устранение устойчивых штаммов. Ген *vanA* не детектирован.

На фоне лечения препаратом «Энрофлоксветферон-Б» был выявлен только один ген *ermB* с Ct = 35,20, что свидетельствует о частичном сохранении макролид-резистентных форм, но в меньшей концентрации по сравнению с образцами из группы «Больные».

Заключение. Проведенное исследование подтвердило наличие дисбиоза в маточно-вагинальном микробиоме коров на фоне развития эндометрита, что свидетельствует об участии микробных нарушений в патогенезе заболевания. Также отмечено снижение бактериального разнообразия и нарушение баланса между основными таксонами, играющими важную роль в защите слизистых оболочек. На фоне терапии препаратом «Биферон-С» детектировано восстановление бактериального состава, выраженное увеличением доли *Firmicutes* и снижением уровня *Bacteroidetes*. В свою очередь, препарат «Энрофлоксветферон-Б» проявил направленное анти-микробное действие, особенно в отношении β -Proteobacteria, и показал наибольшую эффективность в лечении.

Кроме того, в патологических выделениях коров с эндометритом были идентифицированы многочисленные гены устойчивости к антибиотикам, в том числе к β -лактамам, аминогликозидам, фениколам, макролидам и гликопептидам. Это подчеркивает высокую распространенность генов резистентности в репродуктивном тракте животных и актуальность мониторинга антимикробной устойчивости в ветеринарной практике. Применение препарата «Энрофлоксветферон-Б» привело к снижению разнообразия генов антибиотикорезистентности, что делает его перспективным компонентом комплексной терапии воспалительных заболеваний матки. Полученные данные могут быть

использованы для разработки более эффективных схем лечения эндометрита, а также для профилактики антибиотикорезистентности у сельскохозяйственных животных.

Conclusion. The study confirmed the presence of dysbiosis in the uterine-vaginal microbiome of cows, against the background of the development of endometritis, which indicates the participation of microbial disorders in the pathogenesis of the disease. A decrease in bacterial diversity and an imbalance between the main taxa that play an important role in protecting the mucous membranes were also noted. Against the background of therapy with the drug "Biferon-S", a restoration of the bacterial composition was detected, expressed by an increase in the proportion of Firmicutes and a decrease in the level of Bacteroidetes. In turn, the drug "Enrofloxacin-feron-B" showed a targeted antimicrobial effect, especially against β -Proteobacteria, and showed the greatest effectiveness in treatment. In addition, numerous antibiotic resistance genes were identified in the pathological secretions of cows with endometritis, including β -lactams, aminoglycosides, phenicols, macrolides and glycopeptides. This highlights the high prevalence of resistance genes in the reproductive tract of animals and the relevance of monitoring antimicrobial resistance in veterinary practice. The use of Enrofloxacin-Sovetferon-B has led to a decrease in the diversity of antibiotic resistance genes, making it a promising component of complex therapy for inflammatory diseases of the uterus. The data obtained can be used to develop more effective treatment regimens for endometritis, as well as to prevent antibiotic resistance in farm animals.

Благодарность. Исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект FZGW-2024-0003).

Список литературы.

1. Князева, М. В. Микробиоценоз влагалища у новотельных коров в климатических условиях Удмуртии / М. В. Князева, Т. В. Бабинцева, Е. В. Ильин // *Ветеринарная патология*. – 2025. – № 1 (24). – С. 39–48. – doi: 10.23947/2949-4826-2025-24-1-39-48.
2. Захарова, Ю. В. Современные представления о таксономии, морфологических и функциональных свойствах бифидобактерий / Ю. В. Захарова, Л. А. Леванова // *Фундаментальная и клиническая медицина*. – 2018. – №1 (3). – С. 90–101.
3. The addition of *Lactobacillus* spp. negatively affects *Mycoplasma bovis* viability in bovine cervical mucus / A. García-Galán, C. De la Fe, J. Gomis [et al] // *BMC Vet Res*. – 2020. – № 16 (1). – doi:10.1186/s12917-020-02454-9.
4. General and comparative aspects of endometritis in domestic species: A review / O. B. Pascottini, C. Aurich, G. England [et al] // *Reproduction in Domestic Animals*. – 2023. – № 2(58). – P. 49–71. – doi:10.1111/rda.14390.
5. Иванюк, В. П. Этиопатогенез послеродовых эндометритов у коров / В. П. Иванюк, Г. Н. Бобкова // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2022. – № 2 (94). – С. 191– 195. – doi:10.37670/2073-0853-2022-94-2-191-195.
6. Comparative efficiency of treatment of endometritis in dairy cows according to the schemes of the Republic of Belarus / A. A. Tegza, N. Baimbetova, B. T. Temirbek [et al] // *3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация*. – 2021. – № 1. – P. 23-28. – doi: 10.52269/22266070_2021_1_23.
7. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle / T. J. Potter, J. Guitian, J. Fishwick [et al] // *Theriogenology*. – 2010. – № 74(1). – P. 127–134. – doi:10.1016/j.theriogenology.2010.01.023.
8. Dynamics of uterine infections with *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis* and *Trueperella pyogenes* in postpartum dairy cows and their association with clinical endometritis / K. Wagener, T. Grunert, I. Prunner [et al] // *Veterinary journal*. – 2014. – № 202(3). – P. 527–532. – doi: 10.1016/j.tvjl.2014.08.023.
9. Mustafin, M. K. Morphological and histological characteristics of endometrium in cows in case of acute endometritis / M. K. Mustafin, G. A. Yessetova, M. A. Khassanova // *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. – 2019. – № 2(101). – P. 102–110.

References.

1. Knyazeva, M. V. Mikrobiocenozy vlagalishha u novotel'ny'x korov v klimaticheskix usloviyax Udmurtii / M. V. Knyazeva, T. V. Babinceva, E. V. Il'in // *Veterinarnaya patologiya*. – 2025. – № 1 (24). – S. 39–48. – doi: 10.23947/2949-4826-2025-24-1-39-48.
2. Zaxarova, Yu. V. Sovremenny'e predstavleniya o taksonomii, morfologicheskix i funkcional'ny'x svoystvax bifidobakterij / Yu. V. Zaxarova, L. A. Levanova // *Fundamental'naya i klinicheskaya medicina*. – 2018. – №1 (3). – S. 90–101.
3. The addition of *Lactobacillus* spp. negatively affects *Mycoplasma bovis* viability in bovine cervical mucus / A. García-Galán, C. De la Fe, J. Gomis [et al] // *BMC Vet Res*. – 2020. – № 16 (1). – doi:10.1186/s12917-020-02454-9.
4. General and comparative aspects of endometritis in domestic species: A review / O. B. Pascottini, C. Aurich, G. England [et al] // *Reproduction in Domestic Animals*. – 2023. № 2(58). –P. 49–71. doi:10.1111/rda.14390.
5. Ivanyuk, V. P. E'tiopatogenez poslerodovy'x e'ndometritov u korov / V.P. Ivanyuk, G.N. Bobkova // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – 2022. – № 2 (94). – S. 191– 195. – doi:10.37670/2073-0853-2022-94-2-191-195.
6. Comparative efficiency of treatment of endometritis in dairy cows according to the schemes of the Republic of Belarus / A. A. Tegza, N. Baimbetova, B. T. Temirbek [et al] // *3i: Intellect, Idea, Innovation – intellekt, ideya, innovaciya*. – 2021. – № 1. – P. 23-28. – doi: 10.52269/22266070_2021_1_23.
7. Risk factors for clinical endometritis in postpartum dairy cattle / T. J. Potter, J. Guitian, J. Fishwick [et al] // *Theriogenology*. – 2010. – № 74(1). – P. 127–134. –doi:10.1016/j.theriogenology.2010.01.023.

8. *Dynamics of uterine infections with Escherichia coli, Streptococcus uberis and Trueperellapyogenes in postpartum dairy cows and their association with clinical endometritis* / K. Wagener, T. Grunert, I. Prunner [et al] // *Veterinary journal*. – 2014. – № 202(3). – P. 527–532. – doi: 10.1016/j.tvjl.2014.08.023.

9. *Mustafin, M. K. Morphological and histological characteristics of endometrium in cows in case of acute endometritis* / M. K. Mustafin, G. A. Yessetova, M. A. Khassanova // *Herald of Science of S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University*. – 2019. – № 2(101). – P. 102-110.

Поступила в редакцию 01.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-10-16

УДК 611.613.8:599.742.47

МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСУДИСТОГО СПЛЕТЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА У РЕЧНОЙ ВЫДРЫ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫСОКОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Федотов Д.Н. ORCID ID 0000-0003-3366-8704, Ковалев К.Д., Тилькович Д.Е.

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

*Настоящее исследование проводится впервые, ранее исследований по морфологии структур сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры в биотопах на территории Полесского государственного радиационно-экологического заповедника не проводилось. Сосудистое сплетение выполняет важнейшую функцию – регуляцию состава внутренней среды мозга и внутричерепного давления, так как является источником цереброспинальной жидкости и местом локализации гематоликворного барьера. Установленные изменения ассоциированы со снижением морфофункциональной активности эпителиоцитов сосудистого сплетения головного мозга и являются следствием его возрастной инволюции у речной выдры. **Ключевые слова:** онтогенез, сосудистые сплетения, головной мозг, морфология, радиация, речная выдра.*

MORPHOFUNCTIONAL TRAITS OF THE VASCULAR PLEXUS IN THE BRAIN OF THE RIVER OTTER IN POSTNATAL ONTOGENESIS IN THE TERRITORY OF A HIGH RADIOACTIVE CONTAMINATION

Fiadotau D.N., Kovaliou K.D., Tilkovich D.E.

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

*This study is being conducted for the first time; previously, there were no studies on the morphology of the vascular plexus structures of the brain in the river otter in biotopes in the territory of the Polesie State Radiation and Ecological Reserve. The vascular plexus performs the most important function – the regulation of the composition of the internal environment of the brain and intracranial pressure, since it is a source of cerebrospinal fluid and the localization site of the hemato liquor barrier. The established changes are associated with a decrease in the morphofunctional activity of the epithelial cells of the vascular plexus in the brain and are a consequence of its age-related involution in the river otter. **Keywords:** ontogenesis, vascular plexuses, brain, morphology, radiation, river otter.*

Введение. Многие современные хронические заболевания ведут к развитию церебральной гипоперфузии (ишемии мозга). Одной из актуальных проблем при развитии ишемии мозга является состояние его структурных компонентов сосудистых сплетений [10]. Функциональное состояние гематоэнцефалического барьера имеет важное клиническое значение. В связи с этим возникает необходимость объективной оценки биосинтетической активности конкретных его структурных компонентов [3]. До настоящего времени у животных и человека сосудистые сплетения остаются одной из наименее изученных структур мозга [1, 12, 14], отставание исследований их морфофункциональной организации от широкомасштабных разработок по физиологии и биохимии спинномозговой жидкости приводит к недостаточному пониманию механизмов функционирования гематоликворного барьера в норме и при патологии.

Ранее цереброспинальная жидкость рассматривалась как среда, обеспечивающая механическую поддержку мозга, способствующая удалению продуктов метаболизма, доставляющая отдельные нутриенты, а также служащая каналом связи внутри центральной нервной системы. В настоящее время доказано, что факторы-резиденты цереброспинальной жидкости влияют на широкий спектр поведения, включая сон и аппетит, а также на циркадные ритмы и связанную с ними двигательную активность животных [16].

Сосудистое сплетение выполняет важнейшую функцию – регуляцию состава внутренней среды мозга и внутричерепного давления, так как является источником цереброспинальной жидкости и местом локализации гематоликворного барьера [4, 5, 6, 7].

Сосудистым сплетениям отводится особая роль в функционировании различных структур головного мозга и образовании ликвора. Через ликвор реализуются биологические, иммунологические, защитные функции. Любой дефицит в его продуцировании у животных ведет к недостаточному питанию головного и спинного мозга и нарушениям адаптивного поведения [9]. С этой точки зрения особенностей структурной организации сосудистых сплетений желудочков головного мозга у животных, в том числе речной выдры, в возрастном аспекте и на территории радиоактивного загрязнения представляется актуальным.

Цель исследований – определить морфофункциональные особенности сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры в постнатальном онтогенезе на территории высокого радиоактивного загрязнения.

Материалы и методы исследований. Изъятие речной выдры из среды обитания осуществлялось на территории государственного природоохранного научно-исследовательского учреждения «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник».

Добыча материала (при помощи капканов), вскрытие и изучение анатомических особенностей животных осуществлялось в отделе экологии фауны Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. В результате полученного материала было сформировано 2 возрастные группы: 2-4 года (половозрелые); 6-7 лет (взрослые, ранний геронтологический период).

Кусочки головного мозга фиксировали в 10%-ном растворе нейтрального формалина. Гистологические срезы изготавливали на санном микротоме и окрашивали гематоксилин-эозином.

Абсолютные измерения структурных компонентов сосудистого сплетения осуществляли при помощи светового микроскопа «Olympus» модели BX-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).

Терминология описываемых морфологических структур приводилась в соответствии с Международной ветеринарной гистологической номенклатурой «Nomina histologica veterinaria: International Committee on Veterinary Histological Nomenclature» [13].

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

Разработанная нами схема проведения морфологических исследований, применяемое оборудование и использование современных методов обеспечили получение научно-обоснованных результатов исследований.

Результаты исследований. Сосудистое сплетение головного мозга образовано однослойным эпителием и соединительной тканью, составляющей вместе с кровеносными сосудами и нервными волокнами строю этого специализированного органа головного мозга (рисунки 1, 3, 7).

На поверхности эпителия располагаются клетки Колмера (поверхностные клетки сосудистого сплетения), являющиеся макрофагами и важным компонентом гематоликворного барьера, так как именно они утилизируют посторонние вещества, попавшие в цереброспинальную жидкость в результате различных воздействий или несостоятельности других барьерных структур. Достоверных различий морфометрических параметров клеток Колмера в сосудистом сплетении головного мозга у речной выдры нами не установлено, как и в расстоянии между ними которое составляет $190,06 \pm 7,14$ мкм. Но биосинтетические процессы, происходящие в клетке, указывают на снижение клеточных биохимических процессов и биосинтеза белка с возрастом, что подтверждается достоверным снижением объема ядра в 1,5 раза ($p < 0,05$) с $161,15 \pm 12,03$ до $107,44 \pm 11,08$ мкм³. Следует отметить, что на гистологических срезах поверхностные клетки сосудистого сплетения представлены практически только более зрелыми формами (типа макрофагов), а менее зрелыми (типа моноцитов) визуализируются крайне редко (таблица 1).

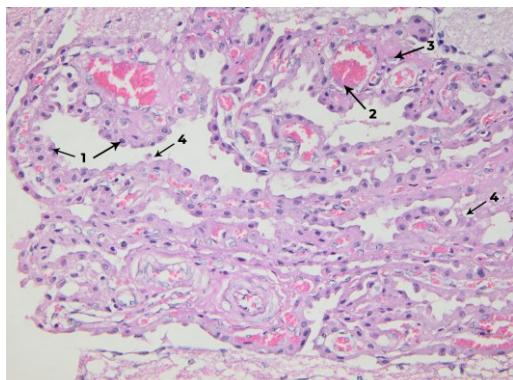
Таблица 1 – Морфометрические параметры клеток Колмера

Показатели	Возрастная группа, г	
	2-4	6-7
Высота, мкм	$56,01 \pm 1,81$	$56,09 \pm 1,14$
Объем ядра, мкм ³	$161,15 \pm 12,03$	$107,44 \pm 11,08^*$
Расстояние между ними, мкм	$190,04 \pm 7,16$	$190,06 \pm 7,14$

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

Значительная часть сплетения представлена многочисленными ветвящимися ворсинками, которые выражены у молодых особей. У 6-7-летних особей настоящие ворсинки находятся в де-структивном состоянии. Каудальная мозговая артерия ветвится, образуя в ворсинках сеть широких (до 20 мкм) синусоидных капилляров, имеющих локальные расширения. Стенка капилляра состоит

из фенестрированного эндотелия, базальной мембраны и перицитов. В области расширения сосудистого сплетения, называемого сосудистым клубком, находятся атипичные анастомозирующие безмышечные кровеносные сосуды, образующие лабиринт. В раннем геронтологическом периоде (6-7 лет) у выдр сосудистый клубок не содержит лабиринта, а имеется наличие своеобразных слоистых кальцификатов (псаммонных телец).



1 – эпителий сосудистого сплетения, 2 – сосуды, 3 – дендритные клетки, 4 – клетки Колмера
Рисунок 1 – Гистологическое строение сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 2-4 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×200)

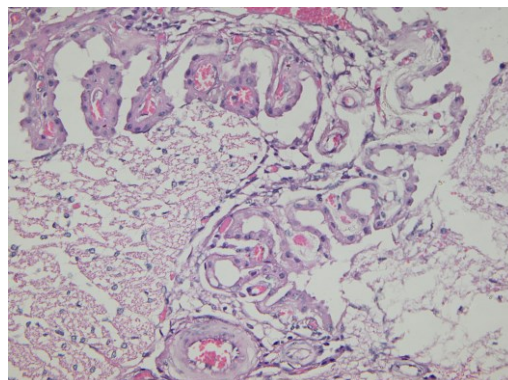


Рисунок 2 – Многочисленные ветвящиеся ворсинки сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 2-4 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×200)

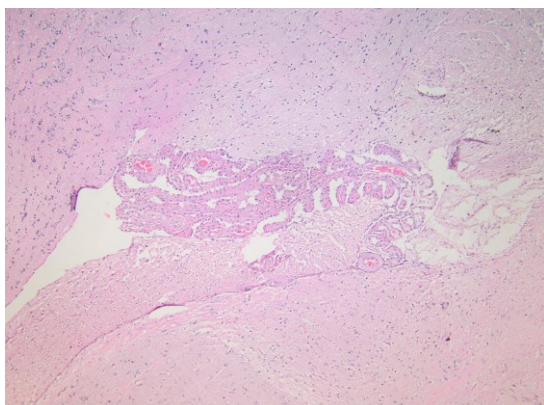


Рисунок 3 – Общий вид тотального среза сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 2-4 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×80)

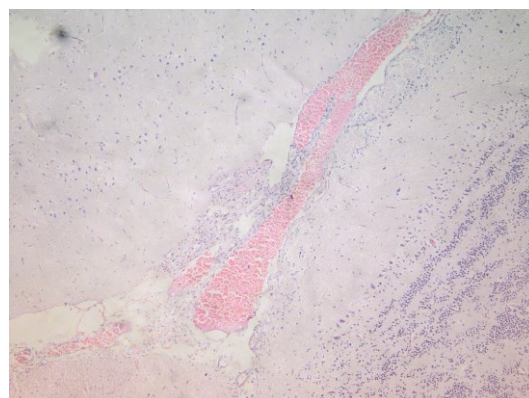


Рисунок 4 – Общий вид тотального среза сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 6-7 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×80)

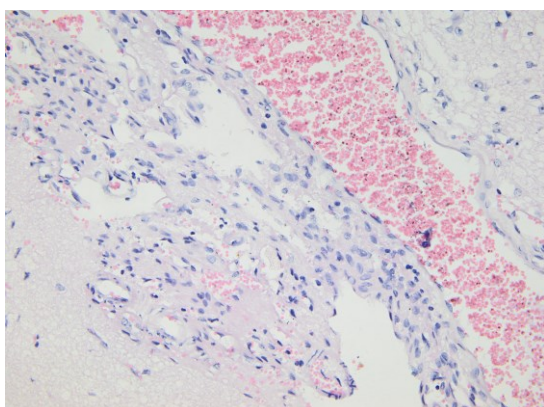


Рисунок 5 – Ветвящиеся ворсинки в деструктивном состоянии в сосудистом сплетении головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 6-7 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×200)

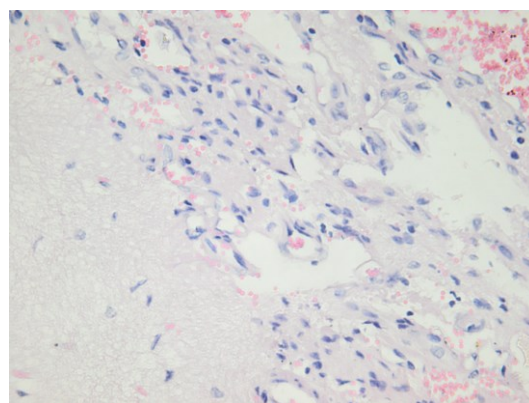


Рисунок 6 – Отсутствие в сосудистом клубке лабиринта и наличие псаммонных телец в сосудистом сплетении головного мозга у речной выдры. Возрастная группа 6-7 лет (окраска гематоксилин-эозином, ×400)

Эпителий сосудистого сплетения головного мозга является одним из элементов гематоликворного барьера и служит мишенью многообразных нервных и гуморальных воздействий. Через эпителий сосудистого сплетения транспортируется большая часть компонентов цереброспинальной жидкости, а часть веществ (в том числе главный белковый продукт – транстиретин [15]), поступающих в полость желудочков, синтезируется самими эпителиоцитами. У 2-4-летних особей выдр эпителий сосудистого сплетения представлен призматической формой, имеющей высоту $15,01 \pm 1,12$ мкм. В раннем геронтологическом периоде (6-7-лет) эпителий снижается в 1,6 раза ($p < 0,01$) до $9,37 \pm 1,16$ мкм. В области оснований ворсинок ширина эпителиоцитов, как правило, преобладает над высотой, клетки уплощены, в области боковых поверхностей ворсинок ширина и высота эпителиоцитов приблизительно равны, а в области верхушек ворсинок высота эпителиоцитов обычно в 1,2-1,5 раза больше ширины, клетки по форме приближаются к цилиндрическим. В целом, на основании средних значений, в обычных условиях высота эпителиальных клеток преобладает над шириной (рисунок 2).

Эпителий имеет базальную мембрану, которая отделяет его от подлежащей соединительной ткани. Ядро эпителиоцитов обычно округлое, занимает центральную часть клетки, имеет диаметр у молодых особей $6,03 \pm 0,89$ мкм. С возрастом, как и сам эпителий, диаметр ядра уменьшается в 1,4 раза ($p < 0,05$) и составляет $4,44 \pm 0,96$ мкм.

Помимо этого, в раннем геронтологическом периоде, характерным является статистически достоверное уменьшение по сравнению с 2-4-летним периодом показателей высоты эпителиоцитов и диаметра их ядер, что соответствует уменьшению размеров площадей клеток и ядер. Так, отмечено статистически достоверное уменьшение показателей площади ядра и площади эпителиоцитов на 29,21% ($p < 0,01$) и 26,35% ($p < 0,05$), соответственно. Закономерно данным изменениям уменьшился показатель ядерно-цитоплазматического индекса (ЯЦИ). Вместе с тем, наряду с общим уменьшением в сосудистых сплетениях величины эпителиоцитов и их ядер, встречаются отдельные крупные (гипертрофированные) клетки и ядра, что может быть проявлением компенсаторно-приспособительных изменений, возникающих в ответ на снижение функциональной активности данного органа с возрастом (рисунки 4, 5, 6). Помимо этого, в подтверждение указанной выше тенденции возрастной инволюции органа, были выявлены изменения для дистрофии части эпителиоцитов (таблица 2).

В ядре присутствуют 1-3 ядрышка, которые находятся в контакте с кариолеммой. Во все исследуемые возрастные периоды ядрышки округлые, имеют ровную поверхность и компактную структуру. В цитоплазме клеток иногда выявляются пиноцитозные пузырьки, которые в основном сосредоточены вблизи апикальной плазмалеммы. У речных выдр в возрастной группе 6-7 лет в цитоплазме эпителиоцитов нередко обнаруживаются пигментные (липофусцин, гемосидерин) включения, которые имеют округлую форму и состоят из отдельных субъединиц, иногда они по форме напоминают кольцо (кольцо Бионди). В двух возрастных группах на гистологических срезах в эпителии сосудистого сплетения нам не удалось обнаружить митозов.

Таблица 2 – Морфометрические параметры эпителия сосудистого сплетения

Показатели	Возрастная группа, г	
	2-4	6-7
Высота клетки, мкм	$15,01 \pm 1,12$	$9,37 \pm 1,16^{**}$
Диаметр ядра, мкм	$6,03 \pm 0,89$	$4,44 \pm 0,96^*$
Площадь клетки, мкм ²	$97,35 \pm 2,16$	$77,05 \pm 2,09^*$
Площадь ядра, мкм ²	$24,11 \pm 1,34$	$18,66 \pm 1,45^{**}$
ЯЦИ, усл. ед.	$0,25 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,03$

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

Соединительная ткань сосудистого сплетения состоит из клеток и межклеточного вещества, которое наряду с основным веществом представлено коллагеновыми и ретикулярными волокнами. Большая часть клеток стромы имеет морфологические черты фибробластов, которые составляют единую популяцию с клетками оболочек мозга – менингоцитами (арахноэндотелиоцитами) и обладают не характерной для типичных фибробластов способностью изменять фенотип от фибробластоподобного до эпителиоподобного. В строме сосудистого сплетения речной выдры присутствуют тучные клетки, располагающиеся около кровеносных сосудов, в субэпителиальной зоне и даже между эпителиоцитами. В соединительной ткани сплетения встречаются макрофаги и дендритные клетки. Местами выявляется склерозирование гематоликворного барьера.

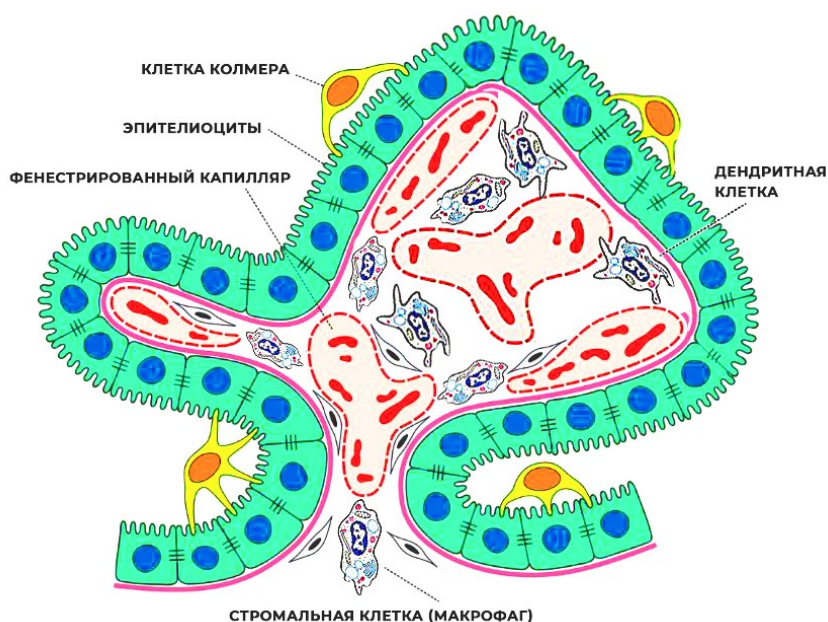


Рисунок 7 – Общая схема строения сосудистого сплетения головного мозга у речной выдры

Заключение. 1. По мере старения организма речной выдры, обитающей на территории высокого радиоактивного загрязнения, сосудистое сплетение головного мозга характеризуется многочисленными ветвящимися ворсинками, находящимися в деструктивном состоянии, и появлением своеобразных слоистых кальцификатов – псаммонных телец в соединительной ткани в области сосудистого клубка. В возрастной группе 6-7 лет в цитоплазме эпителиоцитов обнаруживается накопление пигментных (липофусцин, гемосидерин) включений.

2. На протяжении изученного постнатального онтогенеза на гистологических срезах в эпителии сосудистого сплетения не обнаруживаются митозы. Вместе с тем, в ранний геронтологический период, наряду с общим уменьшением в сосудистых сплетениях величины эпителиоцитов и их ядер, встречаются отдельные крупные (гипертрофированные) клетки и ядра, что может быть проявлением компенсаторно-приспособительных изменений, возникающих в ответ на снижение функциональной активности данного органа с возрастом. Данные изменения ассоциированы со снижением морфофункциональной активности эпителиоцитов сосудистого сплетения головного мозга и являются следствием его возрастной инволюции.

3. У речной выдры на территории высокого радиоактивного загрязнения достоверных возрастных различий морфометрических параметров клеток Колмера в сосудистом сплетении головного мозга не установлено, как и в расстоянии между ними, но объем ядра достоверно снижается в 1,5 раза.

4. У речной выдры в ранний геронтологический период цитоморфометрические данные характеризуют структурную организацию сосудистого сплетения головного мозга в рамках выраженных возрастных изменений с параллельными признаками снижения морфофункциональной активности эпителиального компонента, а с другой стороны – развития дистрофических изменений, деструктивного состояния ворсинок и частичного склерозирования гематоликворного барьера.

Conclusion. 1. As the organism of the river otter living in the area of a high radioactive contamination ages, numerous branching villi in the vascular plexus of the brain are in a destructive state and peculiar layered calcifications – psammoma bodies appear in the connective tissue in the area of the vascular tangle. In the age group of 6-7 years, accumulation of pigment (lipofuscin, hemosiderin) inclusions is detected in the cytoplasm of epithelial cells.

2. During the studied postnatal ontogenesis, no mitoses are detected in the histological sections in the epithelium of the vascular plexus. At the same time, in the early gerontological period, along with a general decrease in the size of epithelial cells and their nuclei in the vascular plexuses, individual large (hypertrophied) cells and nuclei are found, which may be a manifestation of compensatory-adaptive changes that occur in response to a decrease in the functional activity of this organ with age. These changes are associated with a decrease in the morphofunctional activity of epithelial cells of the vascular plexus of the brain and are a consequence of its age-related involution.

3. In the river otter in the area of a high radioactive contamination, reliable age-related differences in the morphometric parameters of Kolmer cells in the vascular plexus of the brain were not established, as well as in the distance between them, but the volume of the nucleus significantly decreases by 1.5 times.

4. In the river otter in the early gerontological period, cytomorphometric data characterize the structural organization of the vascular plexus of the brain within the framework of pronounced age-related changes with parallel signs of a decrease in the morphofunctional activity of the epithelial component, and on the other hand, the development of dystrophic changes, a destructive state of the villi and sclerosis of the hemato liquor barrier.

Список литературы.

1. Бабик, Т. М. Изменения морфометрических параметров эпителиоцитов сосудистых сплетений головного мозга человека при атеросклерозе прецеребральных артерий / Т. М. Бабик // Пермский медицинский журнал. – 2006. – №1. – С. 55–60.
2. Биологическое разнообразие животного мира Полесского государственного радиационно-экологического заповедника / М. Е. Никифоров, Е. И. Анисимова, К. В. Гомель [и др.]; НАН Беларуси [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – 407 с.
3. Крутилова, А. А. Морфофункциональные особенности сосудистых сплетений головного мозга в онтогенезе / А. А. Крутилова, Л. Г. Сентюрлова // Астраханский медицинский журнал. – 2011. – №2. – С. 256–257.
4. Особенности ремоделирования сосудистого сплетения IV желудочка головного мозга и мозжечка крыс в зависимости от рациона кормления / М. С. Шувалова, Ю. Х. Шидиков, Д. З. Жанузиков, М. В. Балыкин // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2024. – № 1. – С. 172–183.
5. Руководство по гистологии / под ред. Р. К. Данилова. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2011. – Т. 1. – 831 с.
6. Федотов, Д. Н. Гистология диких животных : монография / Д. Н. Федотов ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2020. – 212 с.
7. Федотов, Д. Н. Цитология. Эмбриология. Гистология : учебник для студентов по специальностям «Ветеринарная медицина», «Ветеринарная диагностика и лабораторное дело», «Ветеринарно-санитарная экспертиза» и «Ветеринарная фармация» / Д. Н. Федотов, Х. Б. Юнусов, Н. Б. Дилмуродов. – Ташкент : Fan ziyosi, 2022. – 468 с.
8. Федотов, Д. Н. Закономерности возрастной структурно-функциональной перестройки щитовидной железы и уровень содержания радионуклидов у выдры речной в зоне высокого радиоактивного загрязнения на территории Беларуси / Д. Н. Федотов // Ученые записки учреждения образования «Витебская орден «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2024. – Т. 60, вып. 1. – С. 49–56. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-49-56.
9. Фоканова, О. А. Морфология сосудистых сплетений желудочков головного мозга крыс на первом году жизни / О. А. Фоканова, Т. В. Кораблева, А. А. Выропаев // Морфологические ведомости. – 2022. – №2. – С. 64–68.
10. Фоканова, О. А. Влияние острой ишемии головного мозга на структуру сосудистых сплетений желудочков у крыс / О. А. Фоканова, Т. В. Кораблева, К. С. Фоканов // Морфологические ведомости. – 2023. – №4. – С. 18–24.
11. Цитоморфометрия эпителиоцитов хороидных сплетений головного мозга белых крыс при парентеральном введении ксеногенного ликвора / И. Х. Гасанова, Э. А. Гафарова, Н. В. Курсанова, Н. А. Новосельская // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. – 2015. – №1 (17). – С. 14–17.
12. Molecular mechanisms of cerebrospinal fluid production / P. R. Brown, S. J. L. Davies, T. Speake, I. D. Millar // Neuroscience. – 2004. – Vol. 129, № 4. – P. 957–970.
13. Nomina histologica veterinaria : International Association of Veterinary Anatomists. – Leipzig : World Association of Veterinary Anatomist, 2017. – 66 p.
14. Redzic, Z. B. The structure of the choroid plexus and the physiology of the choroid plexus epithelium / Z. B. Redzic, Z. E. Reekie, M. B. Segal // Adv. Drug. Deliv. Rev. – 2004. – Vol. 56, № 12. – P. 1695–1716.
15. Transthyretin: a choroid plexus-specific transport protein in human brain / J. Herbert, J. K. Wilcox, K. T. Pham [et al.] // Neurology. – 1986. – Vol. 36, № 7. – P. 900–911.
16. Zappaterra, M. W. The cerebrospinal fluid: regulator of neurogenesis, behavior, and beyond / M. W. Zappaterra, M. K. Lehtinen // Cell Mol Life Sci. – 2012. – № 69 (17). – P. 2863–2878.

References.

1. Babik, T. M. Izmeneniya morfometricheskikh parametrov epiteliotsitov sosudistyx spleteniy golovnogogo mozga cheloveka pri ateroskleroze pretcerebral'nykh arteriy / T. M. Babik // Permskiy meditsinskiy zhurnal. – 2006. – №1. – S. 55–60.
2. Biologicheskoe raznoobrazie zhiivotnogo mira Polessskogo gosudarstvennogo radiacionno-ekologicheskogo zapovednika / M. E. Nikiforov, E. I. Anisimova, K. V. Gomel [i dr.]; NAN Belarusi [i dr.]. – Minsk : Belaruskaya navuka, 2022. – 407 s.
3. Krutilova, A. A. Morfofunktsional'nyye osobennosti sosudistyx spleteniy golovnogogo mozga v ontogeneze / A. A. Krutilova, L. G. Sentyurova // Astrakhanskiy meditsinskiy zhurnal. – 2011. – №2. – S. 256–257.
4. Osobennosti remodelirovaniya sosudistogo spleteniya IV zheludochka golovnogogo mozga i mozzhechka krys v zavisimosti ot ratsiona kormleniya / M. S. Shuvalova, YU. KH. Shidakov, D. Z. Zhanuzakov, M. V. Balykin // Ulyanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal. – 2024. – №1. – S. 172–183.
5. Rukovodstvo po gistologii / pod red. R. K. Danilova. – SPb. : «SpetsLit», 2011. – Т. 1. – 831 s.
6. Fedotov, D. N. Gistologiya dikih zhiivotnyh : monografiya / D. N. Fedotov ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2020. – 212 s.

7. Fedotov, D. N. *Tsitologiya. Embriologiya. Gistologiya : uchebnik dlya studentov po spetsial'nostyam «Veterinarnaya meditsina», «Veterinarnaya diagnostika i laboratornoye delo», «Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza» i «Veterinarnaya farmatsiya»* / D. N. Fedotov, KH. B. Yunusov, N. B. Dilmurodov. – Tashkent : Fan ziyosi, 2022. – 468 s.
8. Fedotov, D. N. *Zakonomnosti vozrastnoj strukturno-funkcionalnoj perestrojki shitovidnoj zhelezy i uroven soderzhaniya radionuklidov u vydry rechnoj v zone vysokogo radioaktivnogo zagryazne-niya na territorii Belarusi* / D. N. Fedotov // *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny»*. – 2024. – Т. 60, вып. 1. – S. 49–56. – DOI 10.52368/2078-0109-2024-60-1-49-56.
9. Fokanova, O. A. *Morfologiya sosudistyx spleteniy zheludochkov golovnogogo mozga krysa na pervom godu zhizni* / O. A. Fokanova, T. V. Korableva, A. A. Vyropayev // *Morfologicheskiye vedomosti*. – 2022. – №2. – S. 64–68.
10. Fokanova, O. A. *Vliyaniye ostroy ishemii golovnogogo mozga na strukturu sosudistyx spleteniy zheludochkov u krysa* / O. A. Fokanova, T. V. Korableva, K. S. Fokanov // *Morfologicheskiye vedomosti*. – 2023. – №4. – S. 18–24.
11. *Tsitomorfometriya epiteliotsitov khoroidnykh spleteniy golovnogogo mozga belykh krysa pri parenteral'nom vvedenii ksenogennogo likvora* / I. KH. Gasanova, E. A. Gafarova, N. V. Kirsanova, N. A. Novosel'skaya // *Krymskiy zhurnal eksperimental'noy i klinicheskoy meditsiny*. – 2015. – №1 (17). – S. 14–17.
12. *Molecular mechanisms of cerebrospinal fluid production* / P. R. Brown, S. J. L. Davies, T. Speake, I. D. Millar // *Neuroscience*. – 2004. – Vol. 129, №4. – P. 957–970.
13. *Nomina histologica veterinaria : International Association of Veterinary Anatomists*. – Leipzig : World Association of Veterinary Anatomists, 2017. – 66 p.
14. Redzic, Z. B. *The structure of the choroid plexus and the physiology of the choroid plexus epithelium* / Z. B. Redzic, Z. E. Reekie, M. B. Segal // *Adv. Drug. Deliv. Rev.* – 2004. – Vol. 56, № 12. – P. 1695–1716.
15. *Transthyretin: a choroid plexus-specific transport protein in human brain* / J. Herbert, J. K. Wilcox, K. T. Pham [et al.] // *Neurology*. – 1986. – Vol. 36, № 7. – P. 900–911.
16. *Zappaterra, M. W. The cerebrospinal fluid: regulator of neurogenesis, behavior, and beyond* / M. W. Zappaterra, M. K. Lehtinen // *Cell Mol Life Sci.* – 2012. – №; 69 (17). – R. 2863–2878.

Поступила в редакцию 21.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-16-25
УДК 636.4:611.341:616-053.1

ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТОЩЕЙ КИШКИ У ПОРОСЯТ С ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ГИПОТРОФИЕЙ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ»

Шутиков В.А. ORCID ID 0009-0004-2018-2662, Степанов Д.С. ORCID ID 0000-0002-2234-3851, Семенова Е.В. ORCID ID 0000-0003-3675-5467, Михайлов Е.В. ORCID ID 0000-0001-5457-1325
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

*В статье представлены результаты морфологического исследования тощей кишки у поросят с перинатальной гипотрофией в динамике коррекции морфофункциональных нарушений препаратом «Простимул». Изучены гистоструктурные особенности ткани тощей кишки в возрастном аспекте у поросят с перинатальной гипотрофией до приема молозива, а также на 7, 14, 21-е сутки жизни. Установлено, что применение препарата «Простимул» способствует нормализации архитектоники слизистой оболочки тощей кишки. Показана положительная динамика восстановления морфофункционального состояния кишечника у поросят с перинатальной гипотрофией под влиянием исследуемого препарата. Полученные данные обосновывают целесообразность применения «Простимула» в комплексной терапии поросят с перинатальной гипотрофией для коррекции морфофункциональных нарушений пищеварительной системы. **Ключевые слова:** поросята, перинатальная гипотрофия, тощая кишка, морфология, гистоструктура, Простимул, кишечные ворсинки, энтероциты.*

DYNAMICS OF JEJUNAL MORPHOLOGICAL CHANGES IN PIGLETS WITH PERINATAL HYPOTROPHY AGAINST THE BACKGROUND OF THE USE OF PROSTIMUL

Shutikov V.A., Stepanov D.S., Semenova E.V., Mikhailov E.V.
FSBSI "All-Russian Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy",
Voronezh, Russian Federation

*The article presents the results of a morphological study of jejunum in piglets with perinatal hypotrophy in the dynamics of correction of morphofunctional disorders with the drug Prostimul. Histostructural features of jejunum tissue in the age aspect were studied in piglets with perinatal hypotrophy prior to colostrum intake, and also on days 7, 14, 21 of age. It has been found that the use of the drug Prostimul promotes the normalization of the architectonics of the jejunum mucosa. Positive dynamics of recovery of the morphofunctional state of the intestine in piglets with perinatal hypotrophy under the influence of the test drug was shown. The data obtained justify the feasibility of using Prostimul in the complex therapy of piglets with perinatal hypotrophy for the correction of morphofunctional disorders of the digestive system. **Keywords:** piglets, perinatal hypotrophy, jejunum, morphology, histostructure, Prostimul, intestinal villi, enterocytes.*

Введение. Перинатальная гипотрофия является одной из наиболее актуальных проблем современного свиноводства, существенно влияющей на жизнеспособность и продуктивные качества животных. Данная патология характеризуется задержкой внутриутробного развития и сопровождается морфофункциональными нарушениями различных органов и систем, включая пищеварительный тракт [1, 2].

Тощая кишка играет ключевую роль в процессах пищеварения и всасывания питательных веществ. У поросят с перинатальной гипотрофией наблюдаются существенные морфологические изменения слизистой оболочки тонкого кишечника, что негативно сказывается на переваривающей и всасывательной функциях, замедляет рост и развитие животных [3, 4, 7].

В связи с этим актуальным является поиск эффективных средств коррекции выявленных нарушений. Препарат «Простимул», обладающий адаптогенными и метаболическими свойствами, может способствовать нормализации морфофункционального состояния пищеварительной системы у поросят с перинатальной гипотрофией [6].

Цель исследования – изучить динамику морфологических изменений тощей кишки у поросят с перинатальной гипотрофией на фоне применения препарата «Простимул».

Материалы и методы исследований. В 2025 году в нескольких крупных промышленных свиноводческих хозяйствах Воронежской области был проведен эксперимент на поросятах раннего неонатального периода, полученных от клинически здоровых свиноматок 3-4 опороса. Все свиноматки находились в одинаковых условиях содержания: оптимальные параметры микроклимата с учетом их физиологического состояния, кормление комбикормом СК-2, сбалансированным по питательным веществам и биологически активным веществам, свободный доступ к питьевой воде. На начальном этапе эксперимента полученные во время опороса поросята проходили клинический осмотр и взвешивание, целью которого являлось выявление поросят с перинатальной гипотрофией. Основным критерием для установления диагноза «перинатальная гипотрофия» являлась низкая масса тела при рождении. По результатам наших исследований поросята с перинатальной гипотрофией характеризуются дефицитом массы тела (разница среднего веса группы поросят-нормотрофиков и поросят-гипотрофиков в среднем составляет на 28,1%). Подкожная жировая клетчатка слабо выражена или отсутствует. Кожа у поросят-гипотрофиков сухая, нередко морщинистая, тургор резко ослаблен. Акт дыхания учащен, дыхательные движения поверхностные, пульс слабо прощупывается, тоны сердца глухие, слизистые оболочки анемичны. Температура тела на нижней границе нормы или меньше, дистальные участки конечностей холодные. Нарушена координация движения, животные слабо стоят на конечностях. Аппетит снижен, поросята не активно подходят к свиноматке для потребления молозива.

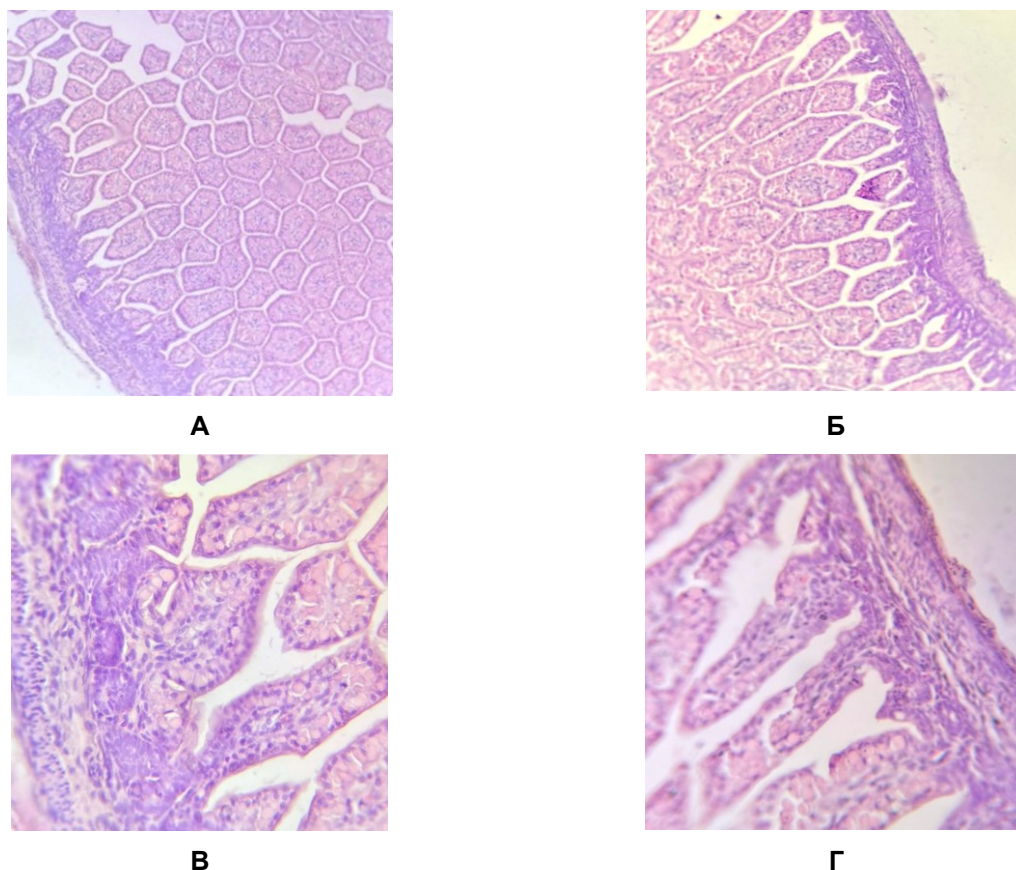
После проведения клинического исследования новорожденные поросята были по принципу «пар-аналогов» разбиты на следующие группы: здоровые поросята (n=20) и поросята с перинатальной гипотрофией (n=40). До приема молозива произведен вынужденный убой поросят с каждой группы для отбора ткани тощей кишки. На следующем этапе здоровые поросята были учтены как первая группа, поросята с перинатальной гипотрофией были разделены на две группы. Вторая группа – поросята с перинатальной гипотрофией (n=20), которым *per os* дополнительно к основному рациону выпаивали коровье молозиво в дозировке 2,5 мл на голову в течение 3 дней (схема, применяемая в хозяйстве). Третья группа поросята с перинатальной гипотрофией (n=20), которым внутримышечно вводили препарат «Простимул» двукратно, на первый и третий дни жизни в дозе 0,1 мл/кг массы тела. У поросят исследуемых групп на 7, 14 и 21 дни проводился вынужденный убой животных с каждой группы в количестве 5 голов для отбора проб тощей кишки.

Действующим веществом препарата «Простимул» является рекомбинантный белок – сигнальный пептид первого типа, относящийся к фармакологической группе цитокины – сигнальные молекулы, активностью не менее 4lgТЦЦ50 в 1 см³ препарата. Вспомогательными веществами выступают аскорбиновая кислота, витамины А и Е.

Убой животных проводили в соответствии с Directive 93/119/E С. Вскрытие трупов поросят проводили в прозектории ФГБНУ «ВНИВИПФиТ».

Образцы тощей кишки фиксировали в растворе нейтрального 10% буферного формалина «ГИСТОПОИНТ» с последующим обезвоживанием с использованием абсолютного изопропилового спирта и заливкой в парафин «ГИСТОМИКС». Срезы толщиной 5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином. Морфологическое исследование проводили с использованием светового микроскопа Биомед с цифровой камерой Levenhuk и программное обеспечение для анализа изображений TopView.

Результаты исследований. На рисунке 1 представлена гистоархитектоника тощей кишки у интактных новорожденных поросят и поросят с перинатальной гипотрофией в неонатальном периоде (до получения молозива).



А – здоровые поросята, ув X100; Б – поросята с перинатальной гипотрофией, ув. X100;
 В – здоровые поросята, ув X400; Г – поросята с перинатальной гипотрофией, ув. X400

Рисунок 1 – Морфологическое строение ткани тощей кишки у поросят, исследуемых до приема молозива, окрашивание гематоксилин-эозином

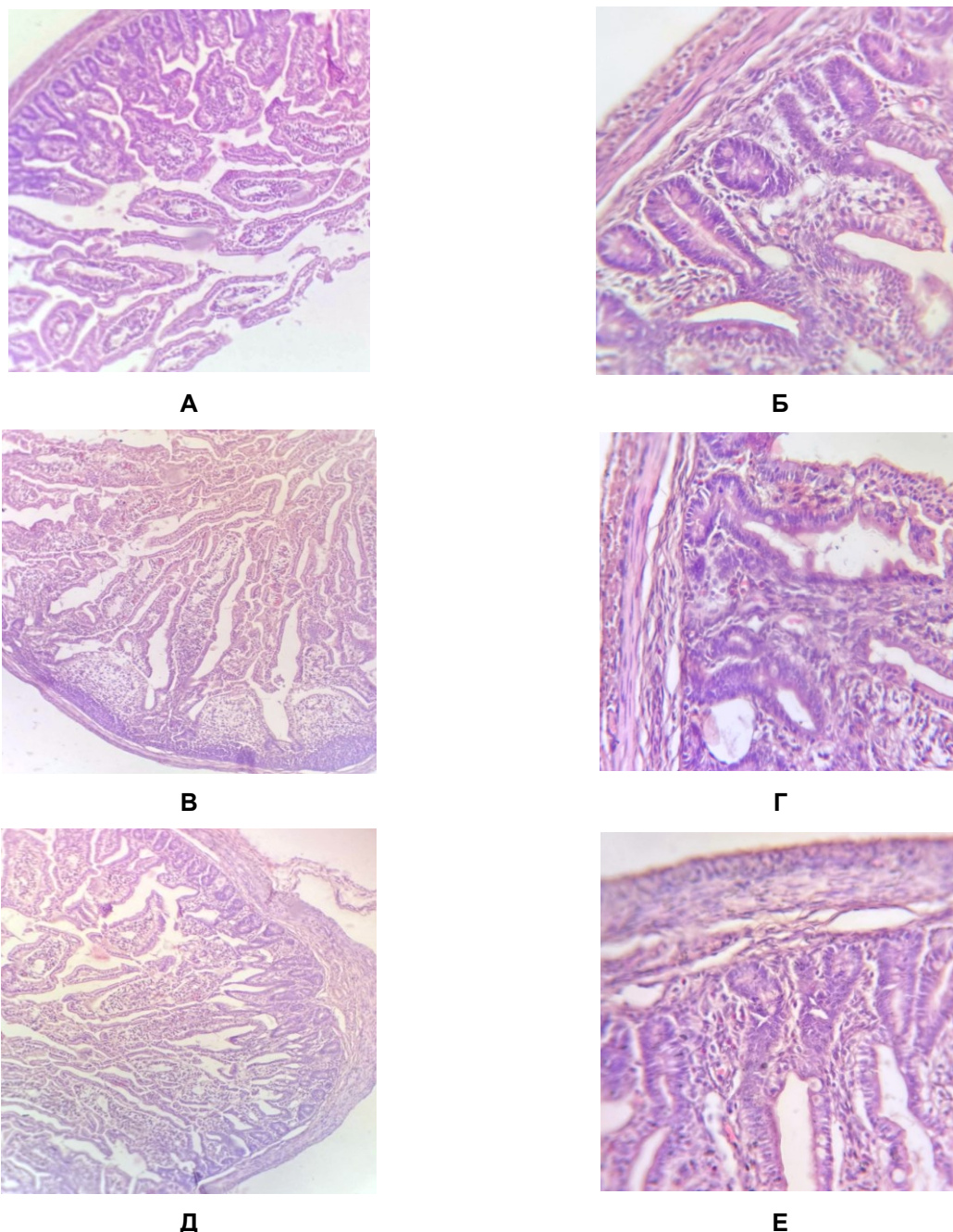
Представленные морфологические данные демонстрируют принципиальные различия в архитектонике кишечной стенки между здоровыми поросятами и поросятами с перинатальной гипотрофией до получения молозива, что имеет фундаментальное значение для понимания патогенетических механизмов нарушения адаптационных процессов в раннем постнатальном периоде.

У здоровых новорожденных поросят морфологическая картина слизистой оболочки тощей кишки характеризовалась оптимальной степенью дифференцировки структурных элементов, что проявлялось в формировании хорошо развитых ворсинчатых образований пальцевидной конфигурации, обеспечивающих максимальную площадь всасывающей поверхности. Выстилающий ворсинки высокий призматический эпителий с базально расположенными овальными ядрами свидетельствовал о завершенности процессов цитодифференцировки энтероцитов и их готовности к выполнению специализированных функций абсорбции и транспорта нутриентов. Архитектоника крипт, характеризующаяся неглубокой прямолинейной структурой, указывала на сбалансированность процессов пролиферации и миграции эпителиальных клеток, что является важным показателем нормального гомеостаза кишечного эпителия в период подготовки к интенсивным метаболическим нагрузкам после начала энтерального питания. Умеренная выраженность собственной пластинки слизистой оболочки с ограниченным количеством тканевых макрофагов отражала состояние иммунологической толерантности, характерное для здорового кишечника новорожденного, готового к первичному контакту с антигенным материалом молозива без развития избыточных воспалительных реакций.

В противоположность этому, у поросят с перинатальной гипотрофией наблюдались выраженные морфофункциональные нарушения, свидетельствующие о незавершенности процессов органогенеза и цитодифференцировки кишечной стенки. Укорочение ворсинок с их деформацией представляло собой проявление нарушенного морфогенеза, приводящего к значительному сокращению всасывающей поверхности и, следовательно, к потенциальному снижению абсорбционной способности кишечника. Трансформация энтероцитов от характерной призматической формы к кубической конфигурации с развитием вакуольной дистрофии указывала на серьезные нарушения внутриклеточного метаболизма, вероятно связанные с энергетическим дефицитом и нарушением процессов белкового синтеза, что неизбежно отражается на функциональной активности абсорбционного эпителия. Мелкие размеры крипт

свидетельствовали о нарушении пролиферативной активности стволовых клеток кишечного эпителия, что могло привести к недостаточному обновлению эпителиального пласта и снижению регенераторного потенциала кишечной стенки в условиях предстоящих функциональных нагрузок. Отек собственной пластинки слизистой оболочки с макрофагальной инфильтрацией отражал нарушение микроциркуляторного гомеостаза и развитие локальной воспалительной реакции, что могло препятствовать нормальному транспорту питательных веществ и создавать предпосылки для нарушения барьерной функции кишечной стенки. Истончение подслизистой основы и мышечной оболочки представляло собой проявление общей гипоплазии тканевых структур, характерной для синдрома перинатальной гипотрофии, что неизбежно сказывалось на моторной функции кишечника и могло приводить к нарушению перистальтической активности и замедлению пассажа кишечного содержимого.

Рисунок 2 демонстрирует гистоморфологическую структуру стенки тощей кишки у экспериментальных животных в семидневном возрасте.



А – первая группа, ув. X100; Б – первая группа, ув. X400; В – вторая группа, ув. 100X;
Г – вторая группа, ув. 400X; Д – третья группа, ув. 100X; Е – третья группа, ув. 400X
Рисунок 2 – Морфологическое строение ткани тощей кишки у поросят исследуемых групп на 7-й день жизни, окрашивание гематоксилин-эозином

К седьмому дню постнатального развития морфологическая картина тощей кишки продемонстрировала отчетливую динамику адаптационных процессов во всех исследуемых группах, однако степень выраженности и качественные характеристики этих изменений существенно различались в зависимости от исходного функционального состояния животных.

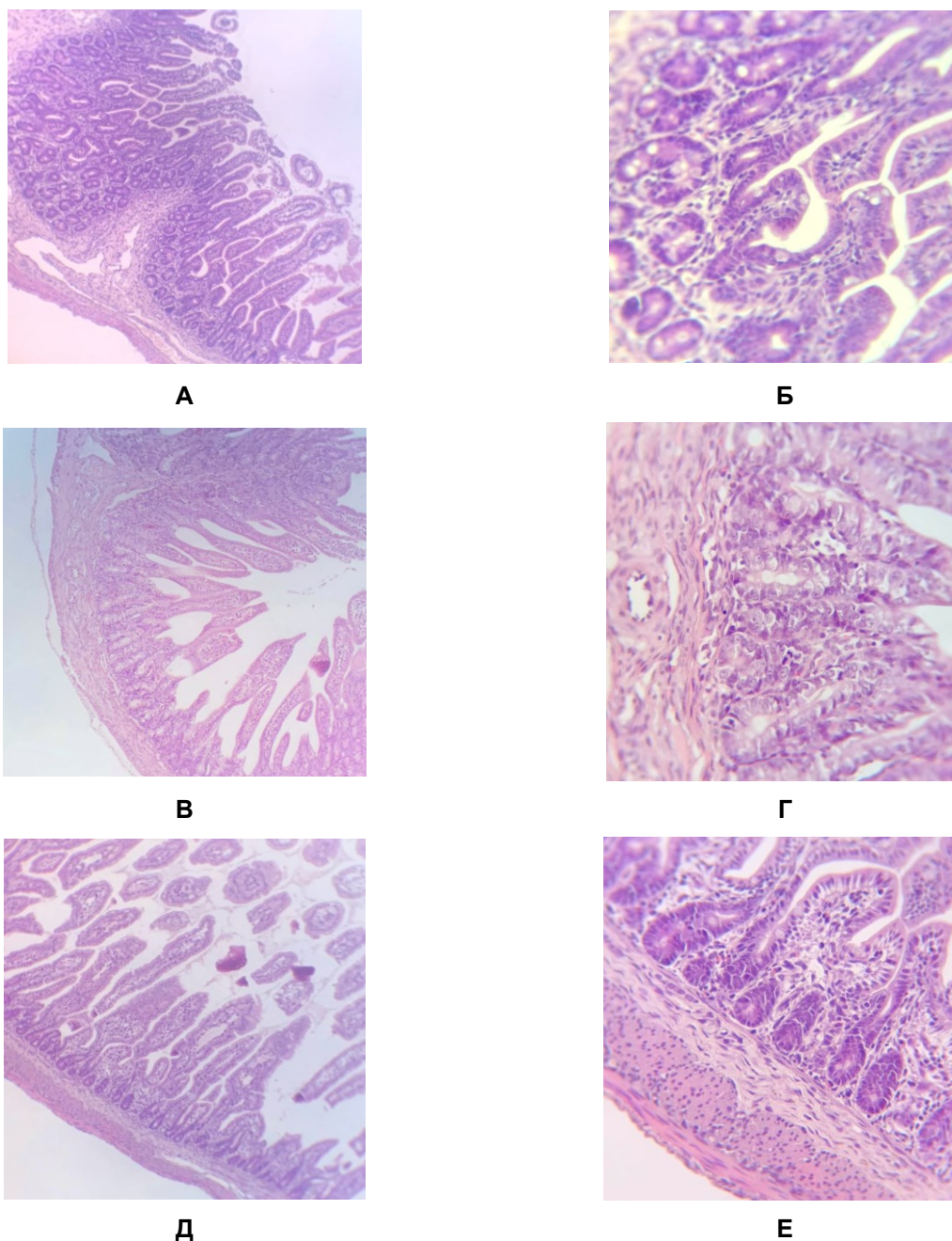
У поросят первой группы наблюдалась классическая картина физиологического созревания кишечного эпителия, характерная для нормального постнатального морфогенеза. Интенсивный рост ворсинок и крипт свидетельствовал об активации пролиферативных процессов в герминативной зоне крипт, что обеспечивало адекватное увеличение абсорбтивной поверхности кишечника в соответствии с возрастающими метаболическими потребностями растущего организма. Формирование правильной пальцевидной формы ворсинок указывало на нормальное становление архитектоники слизистой оболочки, что является критически важным для оптимизации процессов пищеварения и всасывания. Морфофункциональные характеристики энтероцитов – их высокая призматическая форма, базальное расположение ядер и выраженная щеточная каемка – свидетельствовали о полноценной дифференцировке эпителиальных клеток и формировании зрелого микроворсинчатого аппарата, обеспечивающего максимальную эффективность мембранного пищеварения. Увеличение количества тканевых макрофагов в собственной пластинке слизистой оболочки отражало естественный процесс созревания локального иммунного аппарата кишечника, что имело принципиальное значение для формирования адекватного иммунного ответа на антигенную нагрузку и поддержания барьерной функции кишечной стенки.

У поросят второй группы морфологические изменения носили характер частичной компенсации исходных нарушений. Удлинение ворсинок свидетельствовало о запуске репаративных процессов, однако сохранение их неравномерности по высоте и форме указывало на неполную нормализацию морфогенетических механизмов. Это могло быть обусловлено персистенцией метаболических нарушений, характерных для синдрома задержки внутриутробного развития, которые препятствовали полноценной реализации генетических программ тканевой дифференцировки. Приобретение энтероцитами более высокой формы и углубление крипт свидетельствовали о постепенной активации пролиферативных процессов в стволовых клетках кишечного эпителия, что создавало предпосылки для восстановления нормальной структурно-функциональной организации слизистой оболочки. Однако сохранение умеренного отека собственной пластинки указывало на персистенцию нарушений микроциркуляторного гомеостаза, что могло лимитировать скорость и полноту репаративных процессов.

У поросят третьей группы наблюдалась наиболее выраженная положительная динамика морфологических показателей, что свидетельствовало об эффективности применяемых терапевтических воздействий. Визуальное удлинение ворсинок с приобретением более правильной формы указывало на существенную активацию процессов регенерации и морфофункционального созревания кишечного эпителия. Формирование высоких энтероцитов с хорошо выраженной щеточной каемкой свидетельствовало о восстановлении нормальных процессов клеточной дифференцировки и созревания микроворсинчатого аппарата, что имело критическое значение для нормализации процессов мембранного пищеварения и трансэпителиального транспорта. Уменьшение отека собственной пластинки с одновременным увеличением количества тканевых макрофагов отражало нормализацию микроциркуляторных процессов и активацию местных защитных механизмов, что создавало оптимальные условия для дальнейшего морфофункционального созревания кишечной стенки и формирования адекватного локального иммунитета.

Рисунок 3 демонстрирует гистоморфологическую структуру стенки тощей кишки у экспериментальных животных в четырнадцатидневном возрасте.

На четырнадцатые сутки постнатального развития у животных первой группы наблюдалось дальнейшее прогрессивное совершенствование архитектоники стенки тощей кишки, характеризующееся интенсификацией морфогенетических процессов во всех слоях кишечной стенки. Кишечные ворсинки демонстрировали выраженную тенденцию к удлинению, достигая значительных размеров при сохранении правильной геометрической конфигурации с четко очерченными ровными контурами, что свидетельствовало о стабилизации процессов эпителиальной регенерации и достижении оптимального баланса между пролиферативной активностью и апоптотическими механизмами. Энтероциты, выстилающие поверхность ворсинок, приобретали характерную высокоцилиндрическую морфологию с увеличенной высотой клеточных элементов, что отражало активацию их функциональной активности и метаболических процессов. Апоикальная поверхность энтероцитов была украшена хорошо развитой щеточной каемкой, представленной густой сетью микроворсинок, что значительно увеличивало абсорбционную поверхность и обеспечивало оптимизацию процессов мембранного пищеварения и всасывания питательных веществ. Крипты Либеркюна характеризовались значительным углублением и приобретением правильной прямолинейной конфигурации, что указывало на интенсификацию пролиферативных процессов в герминативной зоне и обеспечение адекватного обновления эпителиального пласта. В собственной пластинке слизистой оболочки отмечалось формирование выраженных скоплений тканевых макрофагов, что свидетельствовало о созревании местных механизмов врожденного иммунитета и формировании эффективной системы антигенного распознавания и элиминации потенциально патогенных микроорганизмов.



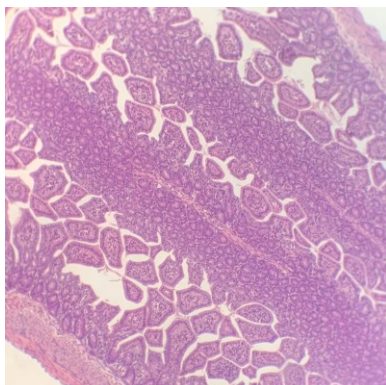
А – первая группа, ув. X100; Б – первая группа, ув. X400; В – вторая группа, ув. 100X;
 Г – вторая группа, ув. 400X; Д – третья группа, ув. 100X; Е – третья группа, ув. 400X
Рисунок 3 – Морфологическое строение ткани тощей кишки у поросят исследуемых групп на 14-й день жизни, окрашивание гематоксилин-эозином

У поросят второй группы гистологический анализ выявил прогрессивное совершенствование структурно-функциональной организации стенки тощей кишки, характеризующееся выраженной нормализацией архитектоники всех слоев кишечной стенки. Кишечные ворсинки демонстрировали значительное удлинение по сравнению с показателями седьмого дня наблюдения, приобретая более стройную пальцевидную конфигурацию с равномерными контурами и однородной морфологией по всей протяженности тонкокишечного сегмента. Особенно примечательной особенностью явилась выраженная унификация морфологических характеристик ворсинчатых структур, которые утрачивали вариабельность размеров и форм, характерную для более ранних сроков развития, и приобретали стандартизованную архитектонику, типичную для зрелой кишечной стенки. Энтероциты, выстилающие поверхность ворсинок, характеризовались четко выраженной призматической морфологией с оптимальным соотношением высоты и ширины клеточных элементов, что свидетельствовало о завершении процессов дифференцировки и достижении функциональной зрелости абсорбционного эпителия. Существенным достижением в морфогенезе кишечной стенки стало прогрессивное уменьшение интерстициального отека в собственной пластинке слизистой оболочки, что указывало на нормализацию микроциркуля-

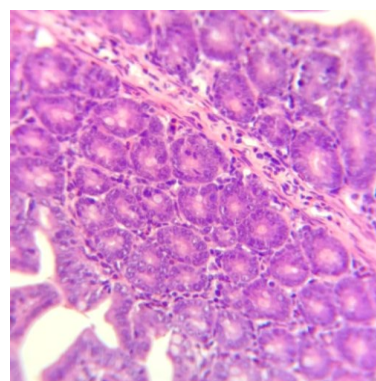
торных процессов, восстановление лимфодренажной функции и стабилизацию проницаемости сосудистой стенки капиллярного русла.

У животных третьей группы к четырнадцатым суткам постнатального развития гистологическая структура тощей кишки характеризовалась морфологическими параметрами, аналогичными таковым у особей контрольной группы. Кишечные ворсинки демонстрировали значительную протяженность и правильную архитектуру. Энтероциты отличались высоким призматическим эпителием с отчетливо выраженной щеточной каемкой, что указывало на функциональную зрелость абсорбтивного аппарата. Крипты Либеркюна характеризовались значительной глубиной и завершенным морфогенезом. В толще собственной пластинки слизистой оболочки наблюдалось формирование лимфоидных агрегатов, представленных преимущественно макрофагальными элементами, что свидетельствовало о становлении локальных иммунных механизмов кишечного-ассоциированной лимфоидной ткани.

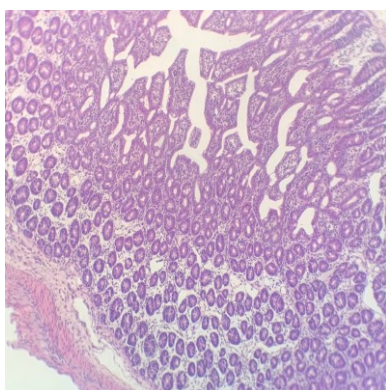
Рисунок 4 демонстрирует гистоморфологическую структуру стенки тощей кишки у экспериментальных животных в трехнедельном возрасте.



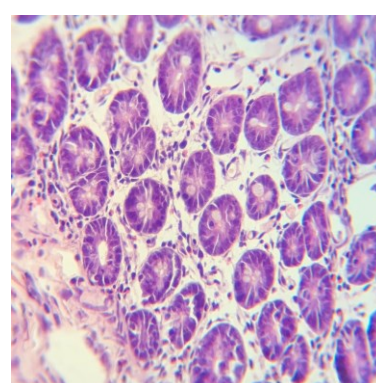
А



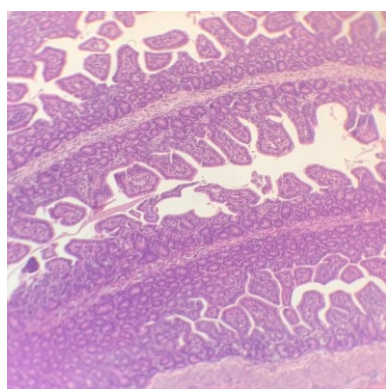
Б



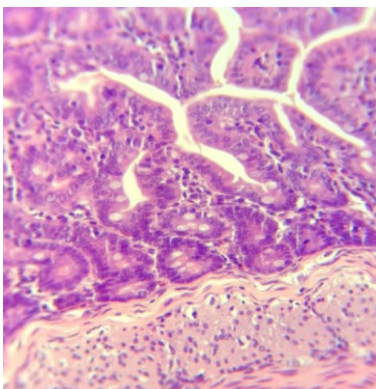
В



Г



Д



Е

А – первая группа, ув. X100; Б – первая группа, ув. X400; В – вторая группа, ув. 100X;

Г – вторая группа, ув. 400X; Д – третья группа, ув. 100X; Е – третья группа, ув. 400X

Рисунок 4 – Морфологическое строение ткани тощей кишки у поросят исследуемых групп на 21-й день жизни, окрашивание гематоксилин-эозином

К двадцать первым суткам постнатального онтогенеза морфологическая картина тощей кишки у поросят первой экспериментальной группы демонстрировала достижение высокой степени гистоархитектонической организации кишечной стенки. Интестинальные ворсинки характеризовались значительной длиной и приобретали типичную пальцевидную конфигурацию, что свидетельствовало о завершении процессов морфогенетической дифференцировки всасывающей поверхности. Энтероциты, выстилающие апикальную поверхность ворсинок, представляли собой высокие цилиндрические клеточные элементы с четко дифференцированной щеточной каемкой, образованной множественными микроворсинками, что указывало на функциональную зрелость пищеварительно-всасывательного аппарата. Крипты Либеркюна достигали значительной глубины и характеризовались правильной прямолинейной архитектоникой, что свидетельствовало о полноценном становлении процессов клеточного обновления кишечного эпителия. При детальном гистологическом анализе отмечалась высокая плотность распределения бокаловидных клеток в составе кишечного эпителия, что указывало на активное функционирование муцин-продуцирующего аппарата и формирование полноценного защитного слизистого барьера кишечной стенки.

У поросят второй экспериментальной группы к двадцать первым суткам постнатального развития при гистоморфологическом исследовании тощей кишки выявлялись остаточные структурно-архитектонические нарушения, свидетельствующие о замедленных темпах морфофункционального созревания кишечной стенки. Интестинальные ворсинки характеризовались укороченными размерными параметрами по сравнению с соответствующими показателями в контрольной группе «сверстников», при этом отдельные ворсинчатые структуры демонстрировали признаки деформационных изменений с нарушением типичной пальцевидной конфигурации. В локализованных участках слизистой оболочки наблюдались энтероциты уменьшенных размеров с признаками структурной дезорганизации щеточной каемки, что указывало на неполноценность формирования микроворсинчатого аппарата и потенциальное снижение всасывательной способности кишечного эпителия. Крипты Либеркюна характеризовались недостаточной глубиной инвагинации и местами демонстрировали нарушения правильной геометрической архитектоники с формированием неправильных конфигураций. При качественной визуальной оценке клеточного состава кишечного эпителия отмечалось снижение плотности распределения бокаловидных клеток относительно показателей в других экспериментальных группах, что свидетельствовало о недостаточности муцин-продуцирующей функции и потенциальном ослаблении защитных барьерных свойств кишечной стенки. Собственная пластинка слизистой оболочки содержала ограниченное количество лимфоидных клеточных элементов, что указывало на неполноценность формирования местного иммунного аппарата кишечника. Мышечная оболочка в отдельных участках демонстрировала признаки истончения, что могло свидетельствовать о нарушениях моторно-эвакуаторной функции кишечника.

К 21-му дню постнатального развития гистологическая картина тощей кишки у поросят третьей экспериментальной группы демонстрировала выраженную положительную динамику морфофункционального созревания кишечного эпителия, приближаясь по основным структурным параметрам к показателям интактных животных контрольной группы. Кишечные ворсинки характеризовались значительным увеличением линейных размеров и восстановлением правильной пальцевидной конфигурации, что свидетельствовало о нормализации процессов пролиферации и дифференцировки эпителиальных клеток в апикальных отделах слизистой оболочки. Энтероциты приобретали характерную высокоцилиндрическую форму с четко выраженной полярностью клеточной организации, демонстрируя признаки полноценного морфофункционального созревания. Апикальная поверхность энтероцитов была покрыта хорошо развитой щеточной каемкой, образованной множественными микроворсинками правильной структурной организации, что указывало на восстановление пристеночного пищеварения и оптимизацию процессов всасывания нутриентов на уровне кишечно-печеночной циркуляции. Крипты Либеркюна достигали значительной глубины инвагинации и характеризовались сложной извитой конфигурацией, что свидетельствовало о полноценном развитии герменативных зон и активизации процессов клеточного обновления кишечного эпителия. Данные морфологические изменения указывали на восстановление нормального баланса между пролиферацией стволовых клеток в базальных отделах крипт и процессами терминальной дифференцировки в апикальных зонах ворсинок. Качественная оценка клеточного состава кишечного эпителия выявила существенное увеличение плотности распределения бокаловидных клеток, приближающееся к физиологическим параметрам здоровых животных, что свидетельствовало о восстановлении муцин-продуцирующей функции и укреплении защитных барьерных свойств кишечной стенки. Собственная пластинка слизистой оболочки содержала хорошо развитые лимфоидные образования, представленные организованными скоплениями иммунокомпетентных клеток, что указывало на созревание местного иммунного аппарата кишечника и формирование адекватных механизмов иммунологической защиты. Мышечная оболочка восстанавливала свою нормальную толщину, приближаясь к показателям контрольной группы, что свидетельствовало о нормализации мо-

торно-эвакуаторной функции кишечника и восстановлении координированной перистальтической активности.

При гистологическом исследовании тощей кишки у здоровых поросят контрольной группы установлена нормальная морфофункциональная организация кишечной стенки. Слизистая оболочка характеризовалась наличием высоких пальцевидных ворсинок правильной формы и глубоких крипт Либеркюна, что обеспечивало оптимальную абсорбционную поверхность кишечника. В эпителиальном пласте определялось достаточное количество бокаловидных клеток, продуцирующих муцин, необходимый для формирования защитного слизистого барьера на поверхности слизистой оболочки.

У поросят с перинатальной гипотрофией, получавших дополнительно коровье молоко, морфологическое исследование выявило выраженные деструктивные изменения архитектоники кишечной стенки. Наблюдалось значительное укорочение кишечных ворсинок с нарушением их типичной пальцевидной формы, уплощение энтероцитов с деструкцией микроворсинчатой каемки, что свидетельствовало о снижении всасывательной способности эпителия. Одновременно отмечалось уменьшение глубины кишечных крипт, что указывало на нарушение процессов клеточного обновления. Количество бокаловидных клеток было достоверно снижено по сравнению с контрольной группой, что нарушало защитную функцию слизистой оболочки. Общая толщина слизистой оболочки была уменьшена, что свидетельствовало о развитии атрофических процессов в кишечной стенке и значительном сокращении функциональной абсорбционной поверхности.

Применение препарата «Простимул» у поросят с перинатальной гипотрофией способствовало выраженной позитивной динамике морфологических показателей тощей кишки. Установлено увеличение высоты кишечных ворсинок, приближающееся к значениям контрольной группы, с восстановлением их правильной архитектоники. Глубина кишечных крипт возрастала, что указывало на активизацию регенераторных процессов. Количество бокаловидных клеток увеличивалось, обеспечивая восстановление муцинпродуцирующей функции и защитных свойств слизистой оболочки [5]. Общая толщина слизистой оболочки приближалась к нормальным значениям. Особое значение имело восстановление citoархитектоники ворсинчатого и железистого аппарата, нормализация морфофункционального состояния энтероцитов с восстановлением структуры щеточной каемки, что свидетельствовало об улучшении абсорбционной и пищеварительной функций тонкого кишечника.

Заключение. Перинатальная гипотрофия у поросят сопровождается выраженными морфологическими изменениями в тощей кишке, характеризующимися атрофией ворсинок, уменьшением глубины крипт, снижением количества бокаловидных клеток и общей толщины слизистой оболочки, что приводит к значительному сокращению абсорбционной поверхности кишечника и нарушению его защитной функции. Применение препарата «Простимул» поросятам с перинатальной гипотрофией оказывает выраженное корригирующее действие на морфологическую структуру тощей кишки, способствуя восстановлению высоты ворсинок, глубины крипт, количества бокаловидных клеток и толщины слизистой оболочки. Изменения морфологической структуры тощей кишки в ответ на введение препарата «Простимул» отражает улучшения пищеварительной и всасывательной функций кишечника, что способствует нормализации трофического статуса поросят с перинатальной гипотрофией. Полученные результаты позволяют рекомендовать препарат «Простимул» для коррекции морфофункциональных нарушений тонкого кишечника у поросят с перинатальной гипотрофией в ветеринарной практике.

Conclusion. Perinatal hypotrophy in piglets is accompanied by pronounced morphological changes in the jejunum, characterized by atrophy of villi, a decrease in the depth of crypts, a decrease in the number of goblet cells and the total thickness of the mucous membrane, which leads to a significant reduction in the absorption surface of the intestine and a violation of its protective function. The use of Prostimul in piglets with perinatal hypotrophy has a pronounced corrective effect on the morphological structure of the jejunum, helping to restore the height of the villi, the depth of crypts, the number of goblet cells and the thickness of the mucous membrane. Changes in the morphological structure of the jejunum in response to the administration of Prostimul reflect improvements in the digestive and absorption functions of the intestine, which contributes to the normalization of the trophic status of piglets with perinatal hypotrophy. The results obtained make it possible to recommend the drug Prostimul for the correction of morphofunctional disorders of the small intestine in piglets with perinatal hypotrophy in veterinary practice.

Список литературы.

1. К вопросу о дополнительном применении коровьего молока поросятам с гипотрофией / В. А. Шутиков, Е. В. Михайлов, С. Н. Фурчаков, О. А. Сапожкова // *Инновационные технологии и технические средства для АПК : материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, Воронеж, 25–26 сентября 2024 года / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж, 2024. – С. 179–185. – EDN DNOPPX.*
2. Бледнов, А. И. *Формы проявления перинатальной патологии и причины возникновения гипоксии телят / А. И. Бледнов, А. В. Бледнова, С. Ю. Стебловская // Проблемы и перспективы развития*

ветеринарной медицины и зоотехнии : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Курск, 01 марта 2023 года / Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова. – Курск, 2023. – С. 180-185. – EDN GNAMSA.

3. Боряева, Ю. А. Развитие стенки толстого отдела кишечника у поросят от рождения до 45-суточного возраста / Ю. А. Боряева, В. А. Столяров, С. А. Боряев // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2010. – Т. 201. – С. 172–177. – EDN MVGJOR.

4. Брызгалова, И. А. пристеночное пищеварение и всасывание в тонком отделе кишечника / И. А. Брызгалова // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии : сборник LVII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Тюмень, 12 марта 2024 года / Государственный аграрный университет Северного Зауралья. – Тюмень, 2024. – С. 94-101. – EDN RZTFBD.

5. Изменение активности восстановления слизистой оболочки тонкой кишки под воздействием циклофосамида и коррекция его препаратами, стимулирующими восстановление тканей пищеварительного тракта / А. О. Бондарчук, Л. В. Фомина, А. А. Гаврилюк [и др.] // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. – 2015. – Т. 23, № 1. – С. 15–24. – EDN TQJNUR.

6. Исследование иммунокомпетентных органов поросят-гипотрофиков на фоне применения видоспецифичного рекомбинатного интерферона / Е. В. Михайлов, Б. В. Шабунин, А. В. Некрасов [и др.] // Ветеринария Кубани. – 2024. – № 6. – С. 24–28. – DOI 10.33861/2071-8020-2024-6-24-28. – EDN BFYJMS.

7. Мистюкова, О. Н. Физиологические и морфологические характеристики тонкого кишечника уноворожденных поросят / О. Н. Мистюкова // Теория и практика инновационных технологий в АПК : материалы национальной научно-практической конференции, Воронеж, 01 апреля – 31 2024 года / Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I. – Воронеж, 2024. – С. 374-375. – EDN FMQRKR.

8. Михайлов, Е. В. Влияние препарата «Простимул» на костномозговое кроветворение поросят с перинатальной гипотрофией / Е. В. Михайлов // Международный вестник ветеринарии. – 2024. – № 4. – С. 92–99. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.4.92. – EDN VGERLO.

References.

1. K voprosu o dopolnitelnom primeneni korovego moloziva porosyatam s gipotrofiej / V. A. Shutikov, E. V. Mihajlov, S. N. Furchakov, O. A. Sapozhkova // Innovacionnye tehnologii i tehnicheckie sredstva dlya APK : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh i specialistov, Voronezh, 25–26 sentyabrya 2024 goda / Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I. – Voronezh, 2024. – S. 179–185. – EDN DNOPPX.

2. Blednov, A. I. Formy proyavleniya perinatalnoj patologii i prichiny vozniknoveniya gipoksii telyat / A. I. Blednov, A. V. Blednova, S. Yu. Steblovskaya // Problemy i perspektivy razvitiya veterinarnoj mediciny i zootehnii : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Kursk, 01 marta 2023 goda / Kurskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.I. Ivanova. – Kursk, 2023. – S. 180-185. – EDN GNAMSA.

3. Boryaeva, Yu. A. Razvitie stenki tolstogo otdela kishchnika u porosyat ot rozhdeniya do 45-sutochnogo vozrasta / Yu. A. Boryaeva, V. A. Stolyarov, S. A. Boryaev // Ucheny'e zapiski Kazanskoy gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.E. Baumana. – 2010. – Т. 201. – С. 172–177. – EDN MVGJOR.

4. Bryzgalova, I. A. pristenochnoe pishhevarenie i vsasyvanie v tonkom otdel kishchnika / I. A. Bryzgalova // Strategicheskie resursy Tyumenskogo APK: lyudi, nauka, tehnologii : sbornik LVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Tyumen, 12 marta 2024 goda / Gosudarstvennyj agrarnyj universitet Severnogo Zauralya. – Tyumen, 2024. – S. 94-101. – EDN RZTFBD.

5. Izmenenie aktivnosti vosstanovleniya slizistoy obolochki tonkoj kishki pod vozdejstviem ciklofosfamida i korrekciya ego preparatami, stimuliruyushhimi vosstanovlenie tkanej pishhevaritel'nogo trakta / A. O. Bondarchuk, L. V. Fomina, A. A. Gavrilyuk [i dr.] // Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova. – 2015. – Т. 23, № 1. – С. 15–24. – EDN TQJNUR.

6. Issledovanie immunokompetentny'x organov porosyat-gipotrofikov na fone primeneniya vidospechifichnogo rekombinatnogo interferona / E. V. Mixajlov, B. V. Shabunin, A. V. Nekrasov [i dr.] // Veterinariya Kubani. – 2024. – № 6. – С. 24–28. – DOI 10.33861/2071-8020-2024-6-24-28. – EDN BFYJMS.

7. Mistyukova, O. N. Fiziologicheskie i morfologicheskie harakteristiki tonkogo kishchnika unovorozhdennyh porosyat / O. N. Mistyukova // Teoriya i praktika innovacionnyh tehnologij v APK : materialy nacionalnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Voronezh, 01 aprelya – 31 2024 goda / Voronezhskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. Imperatora Petra I. – Voronezh, 2024. – S. 374-375. – EDN FMQRKR.

8. Mixajlov, E. V. Vliyanie preparata «Prostimul» na kostnomozgovoe krovetvorenie porosyat s perinatal'noj gipotrofiej / E. V. Mixajlov // Mezhdunarodny'j vestnik veterinarii. – 2024. – № 4. – С. 92–99. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2024.4.92. – EDN VGERLO.

Поступила в редакцию 01.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-26-31
УДК 636.4.082

**КОМПЛЕКСНЫЙ ОТБОР СВИНОМАТОК С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРА
ПОЛИМОРФИЗМА ДНК-МАРКЕРОВ EPOR И MUC4 (in 7) И ПРИ ПОМОЩИ ИНДЕКСА
«РЕЙТИНГ СВИНОМАТКИ ОСНОВНОГО СТАДА С УЧЕТОМ МНОГОПЛОДИЯ»
ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ**

Дойлидов В.А. ORCID ID 0000-0002-3922-6993

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

*Установлено достоверное повышение многоплодия свиноматок на 0,7 гол., или 5,8% ($P \leq 0,05$), а также на 0,8 гол., или 6,6%, без снижения уровня остальных воспроизводительных качеств, при проведении их предварительного отбора в селекционную группу с элиминацией животных носителей генотипа EPOR^{CC}, с последующим отбором по величине показателя PCOCm, превышающей среднее по стаду значение, и отбором 30% лучших особей по величине этого показателя соответственно. При предварительном отборе в селекционную группу носителей 50% и более аллелей MUC4 (in 7)^C и EPOR^T с последующим отбором животных по величине показателя селекционного индекса PCOCm у маток селекционной группы установлено достоверное ($P \leq 0,05$) повышение селекционного дифференциала многоплодия на 0,8 гол., или 6,6%, а также 1,1 гол., или 9,1%, при одновременных достоверных различиях со средним по стаду по массе гнезда в 21 день на 2,8 кг и 3,5 кг, или 5,1% и 6,4% ($P \leq 0,05$), по количеству поросят к отъему – на 0,4 гол. и 0,6 гол., или 4,1% и 6,1% ($P \leq 0,05$), и по массе гнезда в 35 дней на 6,6 кг и 8,3 кг, или 7,4% и 9,3% ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$). **Ключевые слова:** отбор, многоплодие свиноматок, ДНК-маркер, комплексный генотип, селекционный индекс.*

**COMPREHENSIVE SELECTION OF SOWS WITH RESPECT TO THE ASSESSMENT OF POLYMORPHISM
CHARACTER FOR EPOR AND MUC4 (IN 7) DNA MARKERS USING THE INDEX
"RATING OF THE MAIN HERD SOWS WITH PROLIFICACY TAKEN INTO ACCOUNT" IN SELECTION
FOR INCREASING REPRODUCTIVE QUALITIES**

Doylidov V.A.

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

*A significant increase in the prolificacy of sows by 0.7 heads or 5.8% ($P \leq 0,05$) was established, as well as by 0.8 heads or 6.6%, without a decrease in the level of other reproductive qualities, when conducting their preliminary selection into a breeding group with the elimination of animals carrying the EPOR^{CC} genotype, with subsequent selection based on the value of the RSMHm index exceeding the average value for the herd, and selection of 30% of the best individuals based on the value of this index, respectively. With preliminary selection into the selection group of carriers of 50% or more alleles of MUC4 (in 7)^C and EPOR^T with the subsequent selection of animals by the value of the selection index indicator RSMHm, a significant ($P \leq 0,05$) increase in the selection differential of prolificacy by 0.8 heads or 6.6%, as well as 1.1 heads or 9.1% was established in the sows of the selection group, with simultaneous reliable differences with the average for the herd in the litter weight at 21 days by 2.8 kg and 3.5 kg, or 5.1% and 6.4% ($P \leq 0,05$), by the number of piglets at weaning by 0.4 heads and 0.6 heads, or 4.1% and 6.1% ($P \leq 0,05$), and by the weight of the litter at 35 days by 6.6 kg and 8.3 kg, or 7.4% and 9.3% ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$). **Keywords:** selection, sows' prolificacy, DNA-marker, complex genotype, breeding index.*

Введение. Повышение показателей воспроизводительных качеств свиноматок и, в частности, многоплодия – важнейший критерий увеличения производства свинины. В особенности это актуально для материнских пород белорусской селекции [10].

При этом надо учитывать, что в свиноводстве улучшения воспроизводительных качеств маток, используя лишь классические методы селекции, добиться затруднительно, из-за их низкой наследуемости и значительной вариабельности [4, 11].

В то же время одной из главных задач генетики, относительно сельского хозяйства, является разработка методов, обеспечивающих максимальную объективность при оценке генотипов разводимых животных [5, 6].

Ведь наиболее объективную оценку генетического потенциала животных дает проведение предварительного отбора с учетом полиморфизма ДНК-маркеров, связанных с их хозяйственно полезными признаками, а уже затем рекомендуется проведение повторного отбора с применением классических методик [3, 8, 9].

Нами ранее были проведены исследования, посвященные оценке влияния наличия позитивных аллелей в генотипах свиноматок по генам-маркерам EPOR и MUC4 (in 7) на повышение их вос-

производительных качеств, давшие положительные результаты. При этом полиморфизм маркера EPOR влияет на многоплодие свиноматок, а полиморфизм гена MUC4 (in 7), определяющего устойчивость поросят к колибактериозу, детерминирует их сохранность в течение подсосного периода [3, 7].

В то же время, на фоне отбора по генотипу с использованием соответствующих генов, еще более эффективной может оказаться проводимая дополнительно оценка животных с их ранжированием по значениям селекционных индексов.

Целью работы явилась оценка эффективности последовательного отбора свиноматок в селекционную группу первоначально с учетом особенностей полиморфизма ДНК-маркеров EPOR и MUC4 (in 7), а затем – с учетом величины значений индекса «Рейтинг свиноматки основного стада с учетом многоплодия» (PCOCM) при ведении селекции на повышение воспроизводительных качеств.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований были свиноматки белорусской мясной породы из популяции КСУП «СГЦ «Заднепровский» Оршанского района, отобранные в подопытную группу («условное стадо») методом случайной выборки.

ДНК-тестирование по выявлению полиморфизма ДНК-маркеров EPOR и MUC4 (in 7) проводилось в лаборатории генетики ГНУ «ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста» (Российская Федерация). Оно показало наличие в генотипах свиноматок желательных аллелей EPOR^T и MUC4^C и нежелательных аллелей EPOR^C и MUC4^G соответственно [3].

Удельный вес желательных аллелей в комплексных генотипах отобранных маток был следующим: MUC4 (in 7)^{CC} EPOR^{TT} – 100%, MUC4(in 7)^{CC} EPOR^{CT} – 75%, MUC4 (in 7)^{CG} EPOR^{TT} – 75%, MUC4(in 7)^{CG} EPOR^{CT} – 50%, MUC4 (in 7)^{CG} EPOR^{CC} – 25% и MUC4 (in 7)^{GG} EPOR^{CT} – 25%. В предварительных исследованиях было установлено, что для повышения воспроизводительных качеств свиноматок следует исключать из стада носителей менее 50% позитивных аллелей T и C генов EPOR и MUC4 (in 7) соответственно [1].

«Рейтинг свиноматки основного стада с учетом многоплодия» (PCOCM) рассчитывался по каждой матке в отобранной подопытной группе. Для этого по результатам ее законченных опоросов определялся индекс PCM (рейтинг свиноматки с учетом многоплодия) по следующей формуле:

$$PCM = DK \cdot 1,1 \cdot x_1 + 0,3 \cdot x_2 + (3,3 \cdot KC) \cdot x_3 + K \cdot x_4, \quad (1)$$

где x_1 – многоплодие (гол.);

x_2 – молочность (кг);

x_3 – количество поросят при отъеме (гол.);

x_4 – масса гнезда при отъеме (кг);

K – переменный весовой коэффициент массы гнезда при отъеме, равный в нашем случае 0,69;

KC – коэффициент сохранности поросят за подсосный период;

DK – динамический коэффициент, изменяющийся в зависимости от значения показателя многоплодия матки.

После расчета PCM по каждому из опоросов определяли показатель PCOCM, равный среднему арифметическому всех значений PCM [2].

При проведении условного отбора животных в селекционные группы учитывали:

- элиминацию животных-носителей нежелательного генотипа EPOR^{CC};

- наличие в генотипе свиноматки 50% и более аллелей EPOR^T и MUC4^C;

- величину индекса PCOCM у свиноматки, большую среднего арифметического значения данного показателя по стаду.

Отдельно проводили отбор 30% маток стада с высшими значениями индекса PCOCM.

Все необходимые расчеты выполнялись с использованием ПЭВМ при помощи программы «Microsoft Office Excel».

Результаты исследований. Первоначально была проведена оценка эффективности проведения отбора свиноматок с учетом предварительной элиминации животных носителей генотипа EPOR^{CC} и последующего отбора животных по значениям показателей индекса PCOCM (таблица 1).

Таблица 1 – Средняя продуктивность маток при отборе в селекционную группу с учетом предварительной элиминации носительниц генотипа EPOR^{CC}

Принципы проведения повторного отбора	Отобрано		Многоплодие		Масса гнезда в 21 день		Масса гнезда в 35 дней	
	гол.	%	гол.	Cv	кг	Cv	кг	Cv
Отбор особей с показателем PCOCM, большим среднего по стаду значения	16	39	12,8±0,28*	9,0	56,6±0,95	6,7	95,5±1,98*	8,3
Отбор 30% лучших особей по показателю PCOCM	12	30	12,9±0,34*	9,2	57,5±1,12*	5,9	97,7±2,13**	7,6
Среднее по стаду без отбора	41	100	12,1±0,16	8,5	54,4±0,66	7,8	89,6±1,34	9,6

Примечание. Здесь и далее – достоверная разница по отношению к средним по стаду значениям – * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.

При анализе таблицы 1 установлено, что при предварительном отборе в селекционную группу свиноматок, в генотипах которых присутствует аллель Т гена EPOR с последующим отбором животных, чей показатель PCOCM превышал среднее по стаду значение, отмечено достоверное повышение многоплодия на 0,7 гол., или 5,8% ($P \leq 0,05$), а также массы гнезда к отъему – на 5,9 кг, или 6,6% ($P \leq 0,05$).

В результате проведения дополнительного отбора в селекционную группу 30% маток стада, имеющих наибольшие показатели PCOCM, установлено достоверное ($P \leq 0,05$) повышение показателей: многоплодия свиноматок – на 0,8 гол., или 6,6%, молочности – на 3,1 кг, или 5,7% ($P \leq 0,05$), массы гнезда к отъему в 35 дней – на 8,1 кг, или 9,0% ($P \leq 0,01$) в сравнении со средними по стаду значениями.

Далее нами была изучена средняя продуктивность маток, отбираемых предварительно по удельному весу в комплексных генотипах животных EPOR MUC4 (in 7) желательных аллелей EPOR^T и MUC4 (in 7)^C, с заключительным отбором по величине показателя индекса PCOCM (таблица 2).

Таблица 2 – Средняя продуктивность маток при предварительном отборе в селекционную группу по наличию в комплексном генотипе EPOR MUC4 (in 7) 50% и более аллелей Т и С

Принципы проведения повторного отбора	Отобрано		Многоплодие		Масса гнезда в 21 день		Поросят к отъему		Масса гнезда в 35 дней	
	гол.	%	гол.	Cv	кг	Cv	гол.	Cv	кг	Cv
Отбор особей с показателем PCOCM, большим среднего по стаду значения	17	41	12,9±0,27*	8,8	57,2±1,18*	8,5	10,2±0,14*	5,5	96,2±2,05**	8,8
Отбор 30% лучших особей по показателю PCOCM	12	30	13,2±0,32*	8,5	57,9±1,57*	9,4	10,4±0,17**	5,6	97,9±2,42**	8,6
Среднее по стаду без отбора	41	100	12,1±0,16	8,5	54,4±0,66	7,8	9,8±0,09	5,8	89,6±1,34	9,6

При анализе таблицы 2 установлено, что использование в качестве критерия окончательного отбора показателя PCOCM, превышающего среднее по стаду значение, установлено достоверное повышение селекционного дифференциала многоплодия на 0,8 гол., или 6,6% ($P \leq 0,05$). При этом у маток селекционной группы установлены достоверные различия со средними по стаду значениями по массе гнезда в 21 день на 2,8 кг, или 5,1% ($P \leq 0,05$), по количеству поросят к отъему – на 0,4 гол., или 4,1% ($P \leq 0,05$), по массе гнезда в 35 дней – на 6,6 кг, или 7,4% ($P \leq 0,01$).

При окончательном отборе в селекционную группу 30% лучших особей по величине показателя PCOCM, с учетом предварительного отбора по удельному весу в комплексном генотипе EPOR MUC4 (in 7) 50% и более желательных аллелей, установлено достоверное повышение всех изучен-

ных показателей над средними по стаду значениями без проведения отбора: многоплодия – на 1,1 гол., или 9,1% ($P \leq 0,05$), массы гнезда в 21 день – на 3,5 кг, или 6,4% ($P \leq 0,05$), количества поросят к отъему – на 0,6 гол., или 6,1% ($P \leq 0,01$), массы гнезда в 35 дней – на 8,3 кг, или 9,3% ($P \leq 0,01$).

Заключение. На основании полученных в ходе исследований результатов нами сделаны следующие выводы:

1. Установлено достоверное повышение многоплодия свиноматок на 0,7 гол., или 5,8% ($P \leq 0,05$), а также на 0,8 гол., или 6,6%, без снижения уровня остальных воспроизводительных качеств, при проведении их предварительного отбора в селекционную группу с элиминацией животных-носителей генотипа EPOR^{CC}, с последующим отбором по величине показателя PCOCm, превышающей среднее по стаду значение, и отбором 30% лучших особей по величине этого показателя соответственно.

2. При предварительном отборе в селекционную группу носителей 50% и более аллелей MUC4 (in 7)^C и EPOR^T с последующим отбором животных по величине показателя селекционного индекса PCOCm, превышающим среднее по стаду значение, а также с отбором 30% лучших особей по величине показателя PCOCm, у маток селекционной группы установлено достоверное ($P \leq 0,05$) повышение селекционного дифференциала многоплодия на 0,8 гол., или 6,6%, а также 1,1 гол., или 9,1%, при одновременных достоверных различиях со средним по стаду по массе гнезда в 21 день на 2,8 кг и 3,5 кг, или 5,1% и 6,4% ($P \leq 0,05$), по количеству поросят к отъему – на 0,4 гол. и 0,6 гол., или 4,1% и 6,1% ($P \leq 0,05$), и по массе гнезда в 35 дней – на 6,6 кг и 8,3 кг, или 7,4% и 9,3% ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$).

Между свиноматками селекционных групп по показателям изученных воспроизводительных качеств существенные различия отсутствуют.

3. Таким образом, специалистам племенных хозяйств первой и второй ступеней республиканской системы разведения свиней и промышленных свинокомплексов, использующих саморемонт маточного поголовья, может быть рекомендовано ведение в стадах свиноматок предварительного отбора либо с элиминацией животных носителей генотипа EPOR^{CC}, либо носителей 50% и более аллелей T и C в комплексном генотипе EPOR MUC4 (in 7) с последующим отбором по значению показателя селекционного индекса PCOCm, что позволит повысить многоплодие свиноматок без снижения уровня остальных воспроизводительных качеств.

Conclusion. Based on the findings, we made the following conclusions:

1. A significant increase in the prolificacy of sows by 0.7 heads or 5.8% ($P \leq 0,05$) was established, as well as by 0.8 heads or 6.6%, without a decrease in the level of other reproductive qualities, when conducting their preliminary selection into the breeding group with the elimination of animals carrying the EPOR^{CC} genotype, with subsequent selection based on the value of the RSMHm indicator exceeding the average value for the herd, and selection of 30% of the best individuals based on the value of this indicator, respectively.

2. During preliminary selection into the breeding group of carriers of 50% or more of the MUC4 (in 7)^C and EPOR^T alleles with subsequent selection of animals based on the value of the RSMHm selection index, in the breeding group of sows, a reliable ($P \leq 0,05$) increase in the selection differential of prolificacy was established by 0.8 heads or 6.6%, as well as 1.1 heads or 9.1 %, with simultaneous reliable differences with the herd average in terms of the litter weight at 21 days by 2.8 kg and 3.5 kg, or 5.1% and 6.4% ($P \leq 0,05$), by the number of piglets at weaning by 0.4 heads and 0.6 heads, or 4.1% and 6.1% ($P \leq 0,05$), and by the weight of the litter at 35 days by 6.6 kg and 8.3 kg, or 7.4% and 9.3% ($P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$). There are no significant differences between the sows of the breeding groups in terms of the studied reproductive qualities.

3. Thus, for specialists of breeding farms of the first and second stages of the republican system of pig breeding and industrial pig complexes using self-replacement of breeding stock it may be recommended to conduct preliminary selection in sow herds or with the elimination of animals carrying the EPOR^{CC} genotype, or carriers of 50% or more T and C alleles in the complex genotype EPOR MUC4 (in 7) with subsequent selection based on the value of the selection index RSMHm, which will increase the prolificacy of sows without reducing the level of other reproductive qualities.

Список литературы.

1. Патент ВУ 22503, МПК А 01К 67/02 (2006.01) Способ отбора свиноматок в основное стадо : а 20160384 : заявлено 26.10.2016 : опубликовано 28.02.2017 / Дойлидов В. А., Каспирович Д. А. ; заявитель Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная академия ветеринарной медицины". – URL: <https://search.ncip.by/database/index.php?pref=inv&lng=ru&compred=1&page=3&target=36056> (дата обращения: 04.11.2025). – Текст: электронный.

2. Патент ВУ 21614, МПК А 01К 67/02 (2006.01) Способ отбора свиноматок основного стада в селекционную группу : а 20150578 : заявлено 23.11.2015 : опубликовано 30.04.2016 / Дойлидов В. А., Герман Ю. И., Ляхова Е. Н. ; заявитель Учреждение образования "Витебская ордена "Знак Почета" государственная

академия ветеринарной медицины". – URL: <https://search.ncip.by/database/index.php?pref=inv&lng=ru&compred=1&page=3&target=31566> (дата обращения 04.11.2025). – Текст: электронный.

3. Достижения и перспективы использования ДНК-технологий в свиноводстве: монография / Т. И. Епишко, В. А. Дойлидов, Д. А. Каспирович [и др.]; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2012. – 256 с.

4. Епишко, О. А. Влияние комплексных генотипов генов ESR, PRLR, FSH β и RYR1 на продуктивность свиноматок и хряков-производителей пород белорусская мясная и дюрок / О. А. Епишко // Проблемы интенсификации производства продуктов животноводства : тезисы Международной научно-практической конференции. – Жодино 2008. – С. 49–51.

5. Зиновьева, Н. А. Перспективы использования молекулярной генной диагностики сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // ДНК – технологии в клеточной инженерии и маркирование признаков сельскохозяйственных животных : материалы Международной конференции. – Дубровицы, 2001. – С. 44–49.

6. Калашникова, Л. А. Проблемы использования методов анализа ДНК в генетической экспертизе племенных животных / Л. А. Калашникова // Материалы Международной конференции. – Дубровицы: ВИЖ, 2002. – С.46–51.

7. Каспирович, Д. А. Влияние полиморфизма гена ECR F4 (MUC4) на воспроизводительные способности хряков и репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы / Д. А. Каспирович, В. А. Дойлидов, Н. А. Лобан // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины». – 2008. – Т. 44, вып. 1. – С. 200–203.

8. Молекулярная генная диагностика в свиноводстве Беларуси / Н. А. Лобан, Н. А. Зиновьева, О. Я. Василюк, Е. А. Гладырь. – Дубровицы : ВИЖ, 2005. – 42 с.

9. Погодаев, В. А. Полиморфизм комплексных генотипов генов CAST, GH, GDF9 у баранов породы шароле и молодняка с кровностью 1/2 калмыцкая курдючная \times 1/2 шароле в зависимости от живой массы и экстерьерных показателей / В. А. Погодаев, Е. С. Суржикова, Д. Д. Евлагина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(103). – С. 332–339.

10. Патент № 2340179 С2 Российская Федерация, МПК А01К 67/02. Способ прогнозирования эффекта гетерозиса в свиноводстве : № 2006118084/13 : заявлено 26.05.2006 : опубликовано 10.12.2008 / Шейко И. П., Лобан Н. А., Василюк О. Я. [и др.] ; заявитель Республиканское унитарное предприятие "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству".

11. Ятусевич, В. П. Свиноводство : рабочая тетрадь для студентов по специальности «Зоотехния» – 6-е изд., перераб. / В. П. Ятусевич, В. А. Дойлидов. – Витебск : ВГАВМ, 2024. – 44 с.

References.

1. Patent BY 22503, МПК А 01К 67/02 (2006.01) Sposob otbora svinomatok v osnovnoe stado : a 20160384 : zayavleno 26.10.2016 : opublikovano 28.02.2017 / Dojlidov V. A., Kaspirovich D. A. ; zayavitel Uchrezhdenie obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny". – URL: <https://search.ncip.by/database/index.php?pref=inv&lng=ru&compred=1&page=3&target=36056> (data obrasheniya: 04.11.2025). – Tekst: elektronnyj.

2. Patent BY 21614, МПК А 01К 67/02 (2006.01) Sposob otbora svinomatok osnovnogo stada v selekcionnuju gruppu : a 20150578 : zayavleno 23.11.2015 : opublikovano 30.04.2016 / Dojlidov V. A., German Yu. I., Lyahova E. N. ; zayavitel Uchrezhdenie obrazovaniya "Vitebskaya ordena "Znak Pocheta" gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny". – URL: <https://search.ncip.by/database/index.php?pref=inv&lng=ru&compred=1&page=3&target=31566> (data obrasheniya 04.11.2025). – Tekst: elektronnyj.

3. Dostizheniya i perspektivy ispolzovaniya DNK-tehnologij v svinovodstve: monografiya / T. I. Epishko, V. A. Dojlidov, D. A. Kaspirovich [i dr.]; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2012. – 256 s.

4. Epishko, O. A. Vliyanie kompleksnyh genotipov genov ESR, PRLR, FSH β i RYR1 na produktivnost svinomatok i hryakov-proizvoditelej porod belorusskaya myasnaya i dyurok / O. A. Epishko // Problemy intensifikacii proizvodstva produktov zhivotnovodstva : tezisy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – Zhodino 2008. – S. 49–51.

5. Zinoveva, N. A. Perspektivy ispolzovaniya molekulyarnoj gennoj diagnostiki selskohozyajstvennyh zhivotnyh / N. A. Zinoveva, E. A. Gladyr // DNK – tehnologii v kletchoj inzhenerii i markirovanie priznakov selskohozyajstvennyh zhivotnyh : materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Dubrovicy, 2001. – S. 44–49.

6. Kalashnikova, L. A. Problemy ispolzovaniya metodov analiza DNK v geneticheskoy ekspertize plemennykh zhivotnykh / L. A. Kalashnikova // Materialy Mezhdunarodnoy konferencii. – Dubrovitsy: VIZH, 2002. – P. 46–51.

7. Kaspirovich, D. A. Vliyaniye polimorfizma gena ECR F4 (MUC4) na vosproizvoditel'nyye sposobnosti khryakov i reproduktivnyye kachestva svinomatok krupnoy beloy porody / D. A. Kaspirovich, V. A. Doyli-dov, N. A. Loban // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2008. – Т. 44, вып. 1. – S. 200–203.

8. Molekulyarnaya gennaya diagnostika v svinovodstve Belarusi / N. A. Loban, N. A. Zinoveva, O. Ya. Vasilyuk, E. A. Gladyr. – Dubrovicy : VIZh, 2005. – 42 s.

9. Pogodayev, V. A. Polimorfizm kompleksnykh genotipov genov CAST, GH, GDF9 u baranov porody sharole i molodnyaka s krovnost'yu 1/2 kalmytskaya kurdyuchnaya \times 1/2 sharole v zavisimosti ot zhivoy massy i ekster'yernykh pokazateley / V. A. Pogodayev, Ye. S. Surzhikova, D. D. Yevlagina // Izvestiya Orenburgskogo gos-udarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – № 5(103). – P. 332–339.

10. Patent № 2340179 С2 Rossijskaya Federaciya, МПК А01К 67/02. Sposob prognozirovaniya efekta geterozisa v svinovodstve : № 2006118084/13 : zayavleno 26.05.2006 : opublikovano 10.12.2008 / Shejko I. P., Loban N.

A., Vasilyuk O. Ya. [i dr.]; *zayavitel Respublikanskoe unitarnoe predpriyatie "Nauchno-prakticheskij centr Nacionalnoj akademii nauk Belarusi po zhivotnovodstvu"*.

11. Yatusevich, V. P. *Svinovodstvo : rabochaya tetrad' dlya studentov po spetsial'nosti «Zootekhnika» – 6-ye izd., pererab / V. P. Yatusevich, V. A. Doylidov. – Vitebsk : VGAVM, 2024. – 44 p.*

Поступила в редакцию 11.08.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-31-36

УДК 636.4.082

ПОЛИМОРФИЗМ КОМПЛЕКСОВ ДНК-МАРКЕРОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ

Дойлидов В.А. ORCID ID 0000-0002-3922-6993

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

*Оценка влияния различных полиморфных сочетаний аллелей в комплексных генотипах хряков-производителей и свиноматок по ряду ДНК-маркеров на последующее проявление у животных и их потомков детерминированных этими аллелями продуктивных признаков позволила установить тенденцию к повышению сохранности поросят от хряков с минимальным наличием в комплексном генотипе ECR F18/FUT1 MUC4 (in 17) аллелей A и G в сравнении с полным их отсутствием. Установлено достоверное снижение многоплодия свиноматок на 8,1% и сохранности поросят на 10,3 п.п. у животных-носителей в комплексном генотипе 25% аллелей генов EPOR^T и MUC4 (in 7)^C при сравнении с полным их наличием. Установлено достоверное снижение среднесуточного прироста на 41-90 г убойного выхода – на 1,0-1,6 п.п. и площади «мышечного глазка» – на 1,7 см², при повышении возраста достижения массы 100 кг на 5-12 дн. у потомков хряков-носителей 66,6% и менее аллелей N, C и Q в комплексном генотипе RYR1 MUC4 (in 7) IGF-2 в сравнении со 100% их наличием. **Ключевые слова:** комплексный генотип, хряки, свиноматки, откормочные и мясные качества, многоплодие, сохранность поросят.*

POLYMORPHISM OF DNA MARKER COMPLEXES AND SWINE PERFORMANCE

Doylidov V.A.

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

*Evaluation of the influence of the presence of various polymorphic combinations of alleles in complex genotypes of boars and sows for a number of DNA markers on the subsequent manifestation in animals and their offspring of productive traits determined by these alleles, allowed us to establish a tendency towards an increase in the safety rate of piglets from boars with a minimal presence of the desired alleles A and G in the complex genotype ECR F18/FUT1 MUC4 (in 17) in comparison with their complete absence. A reliable decrease in the prolificacy of sows by 8.1% and the survival rate of piglets by 10.3 percentage points was established in animals carrying a complex genotype of 25% of alleles of the EPOR^T and MUC4 (in 7) C genes when compared with their full presence. A reliable decrease in average daily gain by 41-90 g, slaughter yield by 1.0-1.6 percentage points, and the area of the "muscle eye" by 1.7 cm² was established, with an increase in the age of reaching a weight of 100 kg by 5-12 days in the offspring of boars carrying 66.6% or less of the N, C and Q alleles in the complex genotype RYR1 MUC4 (in 7) IGF-2 in comparison with 100% of their presence. **Keywords:** complex genotype, boars, sows, fattening and meat quality, prolificacy, piglets' safety rate.*

Введение. Вследствие того, что реальный, фактически достигаемый уровень продуктивности свиней определяется генетическими и паратипическими факторами, успех проводимой с ними селекционной работы базируется на оценке их продуктивности как фенотипическими, так и генетическими методами. И, к сожалению, в ряде случаев при использовании традиционных методик оценки животных по фенотипу их истинный генетический потенциал бывает занижен. Именно поэтому разработку методов для объективной оценки свиней по генотипу и прогнозирования таким образом выраженности их продуктивных качеств еще на ранней стадии развития является одной из ключевых задач генетики, применительно к свиноводству [4, 10].

С современным развитием молекулярной генетики возможна четкая идентификация генотипов по целому ряду прямо либо косвенно связанных с хозяйственно полезными признаками свиней ДНК-маркеров, что позволяет оценивать и отбирать особей с желательным потенциалом развития признаков [3].

В то же время в большинстве своем проводившиеся ранее исследования сводились к изучению влияния на продуктивность животных полиморфизма каждого из ДНК-маркеров в отдельности даже при изучении сразу нескольких. В то же время, исходя из того, что влияние любого из изучаемых ДНК-маркеров не способно распространяться на широкий спектр полезных признаков, вытекает необходимость проведения оценки особей по комплексам таких маркеров с установлением желательных из возможных комбинаций аллелей для последующего использования при отборе [9].

Интересные исследования в данном направлении провела Епишко О. А. Ею были исследованы в различных комплексных генотипах ДНК-маркеры ESR, PRLR, FSH β и RYR1. Было предложено отбирать для воспроизводства свиноматок с комплексным генотипом ESR^{BB}PRLR^{AA}FSH β ^{BB}RYR1^{NN} [2].

Подобное усовершенствование в направлении ведения маркерзависимой селекции позволит, при его дальнейшем развитии, проводить отбор хряков и свиноматок по полиморфизму комплексных генотипов, представленных сразу несколькими ДНК-маркерами, детерминирующими разные продуктивные признаки, с учетом наличия в этих генотипах желательной концентрации позитивных аллелей в общем возможном их количестве.

Государственной программой «Аграрный бизнес» в Подпрограмме 4 «Развитие племенного дела в животноводстве» предусмотрена организация селекционно-племенной работы по совершенствованию племенных и продуктивных качеств разводимых животных, включая разработку системы оценки поголовья с применением геномного анализа на детерминированные заболевания. Поэтому в число исследуемых были включены ДНК-маркеры, определяющие устойчивость поросят к заболеванию колибактериозом, тесно связанную с их сохранностью.

Исходя из вышесказанного, **цель работы** заключалась в оценке влияния наличия различных полиморфных сочетаний аллелей в комплексных генотипах хряков-производителей и свиноматок по ряду ДНК-маркеров на последующее проявление у животных и их потомков детерминируемых этими аллелями продуктивных признаков.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на поголовье популяции белорусской крупной белой породы, разводившейся в селекционно-гибридном центре «Западный» Брестского района, а также популяции белорусской мясной породы из селекционно-гибридного центра «Заднепровский» Оршанского района.

Объектом исследований были хряки-производители, свиноматки, поросята и молодняк на откорме. Генотипы исследовались у случайно выбранных животных из каждой популяции с последующим выявлением полиморфных вариантов изучаемых ДНК-маркеров в научно-исследовательской лаборатории ГНУ «Институт генетики и цитологии НАН Беларуси» и в лаборатории молекулярной генетики ГНУ «ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста» (Российская Федерация). Был определен полиморфизм следующих ДНК-маркеров: ECR F18/FUT1, MUC4 (in 17), MUC4 (in 7), EPOR, IGF-2 (in 3) и RYR1.

Исследовалось влияние на воспроизводительные качества свиноматок различных полиморфных проявлений комплекса ДНК-маркеров EPOR и MUC4 (in 7), влияние полиморфизма в комплексном генотипе MUC4 (in 17) ECR F18/FUT1 у хряков-производителей на сохранность их потомков за подсосный период, а также для изучения был выбран комплексный генотип хряков-производителей IGF-2 (in 3), MUC4 (in 7), RYR1, способный оказать влияние на проявление у потомков откормочных и мясных качеств при одновременной устойчивости к синдрому PSS-MHS.

Затем по результатам тестирования и результатам изучения продуктивности животных была проанализирована детерминация показателей их продуктивных признаков комплексными генотипами с разными аллеломорфами генов. Были изучены следующие показатели: многоплодие (гол.), количество поросят при отъеме (гол.), масса гнезда при отъеме (кг), среднесуточный прирост поросят за подсосный период (г), сохранность поросят к отъему (%), среднесуточный прирост на откорме (г), возраст достижения живой массы 100 кг (дн.) и затраты комбикорма на 1 кг прироста (кг). После убоя у потомков были определены: убойный выход (%), масса задней трети полутуши, кг и площадь «мышечного глазка» (см²).

Расчеты выполнялись на ПЭВМ с помощью программы «Microsoft Office Excel».

Результаты исследований. Для изучения влияния на продуктивность свиней было подобрано несколько комплексов ДНК-маркеров. При этом в предварительных исследованиях было установлено влияние полиморфизма каждого из генов на повышение либо воспроизводительных, либо откормочных и мясных качеств животных.

Так, вместимость матки у свиноматок, а, следовательно, и размер гнезда поросят при рождении – многоплодие – детерминируется полиморфизмом гена эритропоэтинового рецептора (EPOR). Поэтому этот маркер предпочтительно использовать в комплексном генотипе для оценки свиноматок [1].

Поскольку на повышение сохранности поросят и поддержание высокой скорости роста у молодняка влияет заболеваемость животных в раннем возрасте колибактериозом, необходимо в комплексных генотипах учитывать влияние полиморфизма таких ДНК-маркеров, как ECRF18/FUT1, MUC4 (in 7) и MUC4 (in 17) [2, 5, 6, 7, 11].

На уровень откормочных качеств и мясной продуктивности получаемого молодняка свиней оказывает влияние полиморфизм гена IGF-2 (in 3) в генотипах хряков-производителей, поскольку данный ген наследуется патерналино [2, 8].

Учитывая, что селекционную работу на повышение откормочной и мясной продуктивности

молодняка необходимо вести параллельно с поддержанием устойчивости свиней к проявлению стрессового синдрома PSS-MHS, отбору на воспроизводство должны подлежать только хряки с гомозиготным генотипом гена RYR1 – NN – при элиминации носителей рецессивного аллеля – n [2].

Таким образом, у протестированных хряков-производителей белорусской крупной белой породы был изучен комплексный генотип с включением только генов, оказывающих влияние на заболеваемость колибактериозом, а значит – на сохранность потомков – MUC4 (in 17) ECRF18/FUT1. Был проведен анализ влияния разных полиморфных вариантов отцовского генотипа на сохранность поросят-сосунков и другие воспроизводительные качества свиноматок.

Анализ результатов ДНК-анализа показал наличие в случайной выборке нескольких вариантов комплексного генотипа хряков по генам MUC4 (in 17) и ECR F18/FUT1, хотя охватить все возможные генотипы не удалось. Так, в зависимости от концентрации желательных аллелей, были выявлены варианты генотипа: MUC4 (in 17)^{GG} ECRF18/FUT1^{GG}, MUC4 (in 17)^{AG} ECRF18/FUT1^{AG} и MUC4 (in 17)^{AA} ECRF18/FUT1^{AA} с концентрацией 50,0%, генотипы MUC4 (in 17)^{AG} ECR F18/FUT1^{GG} и MUC4 (in 17)^{AA} ECRF18/FUT1^{AG} с концентрацией 25,0%, а также генотип MUC4 (in 17)^{AA} ECR F18/FUT1^{GG} с полным их отсутствием. При изучении влияния комплексного отцовского генотипа на воспроизводительные качества покрытых этими хряками маток учитывалось возрастание в генотипе процентного количества желательных аллелей MUC4 (in 17)^G и ECRF18/FUT1^A (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние полиморфизма в комплексном генотипе хряков по генам MUC4 (in 17) и ECRF18/FUT1 на воспроизводительные качества свиноматок (СГЦ «Западный»)

Доля желательных аллелей ECR F18/FUT1 ^A и MUC4 (in 17) ^G в комплексном генотипе хряков, %	Количество опоросов	Многоплодие, гол.	Крупноплодность, кг	Масса 1 гол. при отъеме, кг	Сохранность поросят, %
50	205	11,7±0,11	1,20±0,01	7,2±0,05	85,3
25	225	11,5±0,10	1,20±0,01	7,3±0,05	85,8
0	133	11,4±0,18	1,20±0,01	7,1±0,07	83,9

Как видно из таблицы 1, многоплодие свиноматок, осемененных хряками с разным полиморфизмом в комплексных генотипах, достоверных различий не имело. Средние значения крупноплодности и массы 1 головы при отъеме также не имели существенных различий. Что касается сохранности сосунков, то установлена тенденция к ее повышению у потомков, полученных от производителей с наличием хотя бы небольшой концентрации желательных аллелей в комплексном генотипе в сравнении с их полным отсутствием. Так, по показателю сохранности генотипы с концентрацией желательных аллелей 50 и 25% превосходят генотип ECR F18/FUT1^{GG} MUC4 (in 17)^{AA} на 1,4 и 1,9 п.п., соответственно.

У свиноматок белорусской мясной породы изучался комплексный генотип EPOR MUC4 (in 7), в котором желательные аллели, соответственно, T и C по удельному весу, распределились следующим образом: EPOR^{CC} MUC4 (in 7)^{GG} – 0%, EPOR^{CC} MUC4 (in 7)^{CG} – 25%, EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{GG} – 25%, EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CG} – 50%, EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CG} – 75%, EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CC} – 75% и EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CC} – 100%.

На основании результатов опоросов свиноматок была установлена взаимосвязь полиморфизма их комплексного генотипа с воспроизводительными качествами с учетом возрастания в нем процентной доли желательных аллелей (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние полиморфизма в комплексном генотипе свиноматок по генам EPOR и MUC4 (in 7) на их воспроизводительные качества (СГЦ «Заднепровский»)

Доля желательных аллелей EPOR ^T и MUC4 (in 7) ^C в комплексном генотипе маток, %	n	Многоплодие, гол.	Масса гнезда при рождении, кг	Масса гнезда при отъеме в 35 дн., кг	Сохранность поросят за подсосный период, %
25	14	11,3±0,38*	16,9±1,06	81,4±4,13	79,8±4,07*
50	27	11,6±0,32	17,6±0,76	89,8±3,03	85,9±1,50
75	48	11,9±0,23	17,1±0,35	89,6±1,46	86,6±1,42
100	26	12,3±0,31	17,5±0,90	89,8±2,36	89,0±1,62

Примечания: здесь и далее достоверная разница рассчитана по отношению к животным с долей позитивных аллелей 100%: * – (P≤0,05), ** – (P≤0,01), *** – (P≤0,001).

При анализе данных таблицы 2 установлено негативное влияние снижения в генотипе свиноматок процентной доли желательных аллелей EPOR^T и MUC4 (in 7)^C на такие их воспроизводительные качества, как многоплодие и сохранность поросят за подсосный период. В то же время при

удельном весе в генотипе позитивных аллелей 50% и 75% отмечается незначительное снижение указанных показателей в сравнении со 100% их наличием без достоверной разницы.

При снижении удельного веса позитивных аллелей до уровня 25% у свиноматок установлено снижение многоплодия на 0,3-1,0 гол., или 2,7-8,1%, и сохранности поросят к отъему – на 6,1-9,2 п.п., по сравнению с матками остальных групп. При этом снижение количества живых поросят в гнезде на 1,0 гол., или 8,1%, и уменьшение показателя их сохранности на 9,2 п.п. в сравнении с матками-носительницами 100% положительных аллелей было достоверным ($P \leq 0,05$).

Кроме того, анализ изменения скорости роста поросят показал, что при снижении удельного веса положительных аллелей в генотипе маток до 25% среднесуточный прирост живой массы поросят снижается на 5,0-5,2%, что может объясняться последствием их переболевания колибактериозом, при котором выжившие поросята, могут терять до 30% потенциальной скорости роста.

У хряков-производителей белорусской мясной породы изучался комплексный генотип RYR1 MUC4 (in 7) IGF-2. При оценке результатов ДНК-анализа было установлено распределение его полиморфных вариантов с учетом процентной доли желательных аллелей: RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{GG} IGF-2^{qq} – 33,3%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CG} IGF-2^{qq} – 50,0%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{GG} IGF-2^{qq} – 50,0%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CG} IGF-2^{qq} – 66,6%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{qq} – 66,6%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{GG} IGF-2^{QQ} – 66,6%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{qq} – 83,3%, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CG} IGF-2^{QQ} – 83,3% и RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{QQ} – 100%.

Затем был проведен анализ взаимосвязи выявленных вариантов комплексного генотипа производителей с откормочными и мясными качествами, полученных от них потомков с учетом возрастания в генотипах отцов процентной доли позитивных аллелей (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние полиморфизма комплексного генотипа хряков по генам RYR1, MUC4 (in 7) и IGF-2 (in 3) на откормочные и мясные качества потомков (СГЦ «Заднепровский»)

Доля желательных аллелей RYR1N, MUC4 (in 7)C и IGF-2Q в комплексном генотипе хряков, %	n	Откормочные качества			Убойные и мясные качества		
		возраст достижения живой массы 100 кг, дн.	Среднесуточный прирост живой массы, г	затраты корма на 1 кг прироста, к. ед.	убойный выход, %	масса задней трети полутолуши, кг	площадь «мышечного глазка», см ²
50,0	16	195±1,7***	662±11,1***	3,83±0,060***	68,6 ±0,49*	11,3±0,12	40,9±0,49*
66,6	98	188±0,8*	711±6,0*	3,59±0,024*	69,2 ±0,22*	11,3±0,05	41,9±0,23
83,3	66	185±1,3	736±11,1	3,56±0,030	69,3 ±0,18	11,3±0,05	42,2±0,29
100	14	183±1,9	752±16,6	3,44±0,051	70,2 ±0,45	11,4±0,14	42,6±0,61

Установлено (таблица 3), что с увеличением в геноме хряков концентрации желательных аллелей по исследуемым генам уровень показателей откормочных качеств их потомков возрастал. Так, животные, отцы которых имели в комплексном генотипе 100% желательных аллелей, в сравнении с носителями 66,6% и 50,0% достоверно достигали живой массы 100 кг раньше на 5 дней ($P \leq 0,05$) и 12 дней ($P \leq 0,001$). Они при этом имели достоверно более высокие среднесуточные приросты живой массы – на 41 г, или 5,5% ($P \leq 0,05$), и на 90 г, или 12,0% ($P \leq 0,001$), при более низких затратах корма на 1 кг прироста – на 0,15 кг, или 4,4% ($P \leq 0,05$), и на 0,39 кг, или 11,3% ($P \leq 0,001$), соответственно.

При анализе убойных и мясных качеств молодняка (таблица 3) установлено снижение убойного выхода, а также площади «мышечного глазка» у животных по мере снижения в генотипах их отцов процентной доли желательных аллелей. Так, уже при концентрации желательных аллелей у отцов 66,6% убойный выход у их потомков достоверно снизился на 1,0 п.п. ($P \leq 0,05$), в сравнении с концентрацией аллелей 100%. При снижении в генотипе хряков доли желательных аллелей до 50% у их потомков установлено достоверное снижение убойного выхода и площади «мышечного глазка», соответственно, на 1,6 п.п. и на 1,7 см² ($P \leq 0,05$), в сравнении с молодняком, полученным от хряков I группы. Отмечена также соответствующая тенденция к снижению массы задней трети полутолуши.

Заключение. Полученные результаты исследований позволяют сделать следующие выводы:

- экспериментально установлена тенденция к повышению средних показателей сохранности поросят, полученных от производителей с наличием в комплексном генотипе по ДНК-маркерам MUC4 (in 17) и ECR F18/FUT1 даже невысокого – 50% и 25% – удельного веса желательных алле-

лей G и A в сравнении с их полным отсутствием, с превосходством на 1,4 и 1,9 п.п., соответственно, над хряками-носителями негативного генотипа MUC4 (in 17)^{AA} ECR F18/FUT1^{GG};

- отбор свиноматок в основное стадо с ограничением выбора только носителями комплексных генотипов EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CC}, EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CG}, EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CC} и EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CG} при удельном весе указанных аллелей 50-100 %, обеспечивает увеличение многоплодия на 0,3-1,0 гол., или 2,7-8,1%, и сохранности поросят к отъему – на 6,1-9,2 п.п. с достоверностью при P≤0,05 в сравнении с матками-носительницами в комплексном генотипе EPOR MUC4 (in 7) менее 50% аллелей T и C;

- при снижении в комплексных генотипах хряков процентной доли желательных аллелей RYR1^N, MUC4^C и IGF-2 (in 3)^Q до 66,6% у их потомков достоверно снижается убойный выход – на 1,0 п.п. (P≤0,05), а при концентрации желательных аллелей 50% достоверно уменьшаются и убойный выход, и площадь «мышечного глазка», соответственно, на 1,6 п.п. и на 1,7 см² (P≤0,05), в сравнении с потомками носителей в генотипе 100% желательных аллелей, при одновременном достоверном (P≤0,05; P≤0,001) снижении среднесуточного прироста живой массы на 41-90 г., повышении возраста достижения живой массы 100 кг на 5-12 дн. и расхода корма на 1 кг прироста на 0,15-0,39 к. ед. С целью повышения откормочных и мясных качеств молодняка рекомендуется преимущественный отбор хряков-производителей, имеющих комплексные генотипы RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{QQ}, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{Qq} и RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CG} IGF-2^{QQ}.

Conclusion. The obtained research results allow us to draw the following conclusions:

1. A tendency towards an increase in the average survival rate of piglets obtained from producers with the presence of even not high levels of MUC4 (in 17) and ECR F18/FUT1 in the complex genotype according to DNA markers has been experimentally established – 50% and 25% – the specific weight of the desired alleles G and A in comparison with their complete absence, with a superiority of 1.4 and 1.9 percentage points, respectively, over boars carrying the negative genotype MUC4 (in 17)^{AA} ECR F18/FUT1^{GG}.

2. Selection of sows for the main herd with the choice limited to carriers of the complex genotypes EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CC}, EPOR^{TT} MUC4 (in 7)^{CG}, EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CC} and EPOR^{CT} MUC4 (in 7)^{CG} with the specific weight of the indicated alleles of 50-100%, provides an increase in multiple pregnancy by 0,3-1,0 heads or 2,7-8,1% and the survival of piglets at weaning by 6,1-9,2 percentage points with reliability at P≤0,05 in comparison with sows that are carriers of the complex genotype EPOR MUC4 (in 7) of less than 50% of the T and C alleles.

3. When the percentage of desirable alleles RYR1^N, MUC4^C and IGF-2 (in 3)^Q in the complex genotypes of boars decreases to 66.6%, the slaughter yield of their offspring significantly decreases by 1.0 percentage points (P≤0,05), and when the concentration of desirable alleles is 50%, both the slaughter yield and the area of the “muscle eye” significantly decrease, respectively, by 1.6 percentage points and by 1.7 cm² (P≤0,05), compared with the offspring of carriers in the genotype of 100% of the desired alleles, with a simultaneous reliable (P≤0,05; P≤0,001) decrease in the average daily gain in live weight by 41-90 g, an increase in the age of reaching a live weight of 100 kg by 5-12 days and feed consumption per 1 kg of gain by 0.15-0,39 feed units. In order to improve the fattening and meat qualities of young animals, it is recommended to preferentially select breeding boars with complex genotypes RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{QQ}, RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CC} IGF-2^{Qq} and RYR1^{NN} MUC4 (in 7)^{CG} IGF-2^{QQ}.

Список литературы.

1. Ген эритропоэтинового рецептора (EPOR) – новый ген-маркер многоплодия свиноматок / В. А. Дойлидов, Д. А. Каспирович, Н. А. Лобан, А. Д. Банникова // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. – 2009. – Т. 45, вып. 1, ч. 2. – С. 82–85.
2. Достижения и перспективы использования ДНК-технологий в свиноводстве: монография / Т. И. Епишко, В. А. Дойлидов, Д. А. Каспирович [и др.]. ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2012. – 256 с.
3. Зиновьева, Н. А. Перспективы использования молекулярной генной диагностики сельскохозяйственных животных / Н. А. Зиновьева, Е. А. Гладырь // ДНК-технологии в клеточной инженерии и маркирование признаков сельскохозяйственных животных : материалы Международной конференции. – Дубровицы, 2001. – С. 44–49.
4. Калашникова, Л. А. Проблемы использования методов анализа ДНК в генетической экспертизе племенных животных / Л. А. Калашникова // Материалы Международной конференции. – Дубровицы, 2002. – С. 46–51.
5. Каспирович, Д. А. Влияние полиморфизма гена ECR F4 (MUC 4) на воспроизводительные способности хряков и репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы / Д. А. Каспирович, В. А. Дойлидов, Н. А. Лобан // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. – 2008. – Т. 44, вып. 1. – С. 200–203.
6. Коновалова, Е. Н. Полиморфизм гена рецептора E. coli F18 (ECR F18/FUT1) и его влияние на хозяйственно-полезные признаки свиней : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук : специальность 03.00.23 / Коновалова Елена Николаевна ; Всероссийский государственный научно-исследовательский институт животноводства. – Дубровицы, 2004. – 95 с.

7. Максимович, В. В. *Инфекционные болезни свиней : монография / В. В. Максимович. – Витебск : УО ВГАВМ, 2007. – 373 с.*

8. *Рекомендации по использованию гена-маркера IGF-2 в селекции свиней / Витебская государственная академия ветеринарной медицины ; разраб. В. А. Дойлидов, Д. А. Каспирович. – Витебск : ВГАВМ, 2010. – 15 с.*

9. Федоренкова, Л. А. *Свиноводство : учебное пособие / Л. А. Федоренкова, В. А. Дойлидов, В. П. Ятусевич. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 303 с.*

10. Ятусевич, В. П. *Свиноводство : рабочая тетрадь для студентов по специальности «Зоотехния» / В. П. Ятусевич, В. А. Дойлидов. – 6-е изд., перераб. – Витебск : ВГАВМ, 2024. – 44 с.*

11. The g. 243 A>G mutation in intron 17 of MUC4 is significantly associated with susceptibility/resistance to ETEC F4ab/ac infection in pigs / Q. L. Peng [et al.] // *Anim. Genet.* – 2007. – Vol. 38, N 4. – P. 397–400.

References.

1. Gen eritropoetinového receptora (EPOR) – nový gen-marker mnogoplodiya svinomatok / V. A. Dojlidov, D. A. Kaspirovich, N. A. Loban, A. D. Bannikova // *Uchenye zapiski Vitebskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny.* – 2009. – T. 45, vyp. 1, ch. 2. – S. 82–85.

2. Dostizheniya i perspektivy ispolzovaniya DNK-tehnologij v svinovodstve: monografiya / T. I. Epishko, V. A. Dojlidov, D. A. Kaspirovich [i dr.]. ; *Vitebskaya gosudarstvennaya akademii veterinarnoj mediciny.* – Vitebsk : VGAVM, 2012. – 256 s.

3. Zinoveva, N. A. *Perspektivy ispolzovaniya molekulyarnoj gennoj diagnostiki selskochozyajstvennyh zhivotnyh / N. A. Zinoveva, E. A. Gladyr // DNK-tehnologii v kletочноj inzhenerii i markirovanie priznakov selskochozyajstvennyh zhivotnyh : materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Dubrovicy, 2001. – S. 44–49.*

4. Kalashnikova, L. A. *Problemy ispolzovaniya metodov analiza DNK v geneticheskoj ekspertize plemennyh zhivotnyh / L. A. Kalashnikova // Materialy Mezhdunarodnoj konferencii. – Dubrovicy, 2002. – S. 46–51.*

5. Kaspirovich, D. A. *Vliyanie polimorfizma gena ECR F4 (MUC 4) na vosproizvoditelnye sposobnosti hryakov i reproduktivnye kachestva svinomatok krupnoj beloj porody / D. A. Kaspirovich, V. A. Dojlidov, N. A. Loban // Uchenye zapiski Vitebskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny. – 2008. – T. 44, vyp. 1. – S. 200–203.*

6. Konovalova, E. N. *Polimorfizm gena receptora E. coli F18 (ECR F18/FUT1) i ego vliyanie na hozyajstvenno-poleznye priznaki svinej : dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata biologicheskikh nauk : specialnost 03.00.23 / Konovalova Elena Nikolaevna ; Vserossijskij gosudarstvennyj nauchno-issledovatel'skij institut zhivotnovodstva. – Dubrovicy, 2004. – 95 s.*

7. Maksimovich, V. V. *Infekcionnye bolezni svinej : monografiya / V. V. Maksimovich. – Vitebsk : UO VGAVM, 2007. – 373 s.*

8. *Rekomendacii po ispolzovaniyu gena-markera IGF-2 v selekcii svinej / Vitebskaya gosudarstvennaya akademii veterinarnoj mediciny ; razrab. V. A. Dojlidov, D. A. Kaspirovich. – Vitebsk : VGAVM, 2010. – 15 s.*

9. Fedorenkova, L. A. *Svinovodstvo : uchebnoe posobie / L. A. Fedorenkova, V. A. Dojlidov, V. P. Yatusевич. – Минск : IVC Minfina, 2018. – 303 s.*

10. Yatusевич, V. P. *Svinovodstvo : rabochaya tetrad dlya studentov po specialnosti «Zootehniya» / V. P. Yatusевич, V. A. Dojlidov. – 6-е изд., перераб. – Витебск : VGAVM, 2024. – 44 s.*

11. The g. 243 A>G mutation in intron 17 of MUC4 is significantly associated with susceptibility/resistance to ETEC F4ab/ac infection in pigs / Q. L. Peng [et al.] // *Anim. Genet.* – 2007. – Vol. 38, N 4. – P. 397–400.

Поступила в редакцию 11.08.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-36-42

УДК 636.4.082

АКТУАЛИЗАЦИЯ ФОРМУЛ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ СВИНОМАТОК С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Дойлидов В.А. ORCID ID 0000-0002-3922-6993

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

Научно обоснована необходимость внесения изменений в комплексные селекционные индексы КПВК и ИВК с разработкой новых усовершенствованных индексов РСОС и РСОСм для ведения селекции в маточных стадах, использование которых отличается большей достоверностью при оценке материнских качеств, а также возможностью проведения целенаправленной селекции на повышение многоплодия. На примере белорусской мясной породы установлено, что отбор свиноматок по величине индекса РСОС позволяет достоверно повысить у маток селекционной группы молочность – на 3,3-4,5 кг ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), количество поросят к отъему – на 0,5-0,6 гол. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,001$), сохранность поросят – на 4,4-5,8 п. п. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), массу гнезда при отъеме – на 7,3-10,6 кг ($P \leq 0,001$), однако без достоверного повышения многоплодия. Использование для отбора индекса РСОСм позволяет достоверно повысить многоплодие в селекционной группе на 0,8-1,0 гол. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$) при сохранении значений остальных показателей продуктивности маток на одном уровне с показателями селекционной группы, отобранной с помощью индекса РСОС, без достоверных различий. **Ключевые слова:** отбор, многоплодие свиноматок, селекционный индекс, сохранность поросят.

UPDATING THE INDEX FORMULA FOR ASSESSING THE REPRODUCTIVE QUALITIES OF SOWS TAKING INTO ACCOUNT THE EFFICIENCY OF THEIR USE

Doylidov V.A.

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

*The need for changes in the complex selection indices KPVK and IVK with the development of new improved indices RSMH and RSMHm for selection in breeding herds, the use of which is more reliable in assessing maternal qualities, as well as the possibility of conducting targeted selection to increase fertility, has been scientifically substantiated. Using the Belarusian meat breed as an example, it was found that selection of sows based on the value of the RSMH index enables a reliable increase in the milk yield of sows in the selection group by 3.3-4.5 kg ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), the number of piglets at weaning by 0.5-0.6 heads ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,001$), the safety rate of piglets by 4.4-5.8 percentage points ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), and the weight of the litter at weaning by 7.3-10.6 kg ($P \leq 0,001$), but without a significant increase in prolificacy. The use of the RSMHm index for selection enables a reliable increase in the fertility rate in the selection group by 0.8-1,0 heads ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$) while maintaining the values of the remaining recorded indicators of the reproductive qualities of the sows at the same level as the indicators of the selection group selected using the RSMH index, without reliable differences between them. **Keywords:** selection, sow prolificacy, breeding index, piglets' safety rate.*

Введение. При проведении такого зоотехнического приема, как отбор, с выделением целью дальнейшего разведения лучших особей, требуется высокая достоверность оценки продуктивных качеств оцениваемых животных, что является особенно важным при совершенствовании как отдельных стад, так и пород в целом. При этом приветствуется максимально возможное снижение трудоемкости такой оценки, что позволяет значительно ускорить сам процесс селекционной работы [1, 6].

И в племенных, и в товарных свиноводческих хозяйствах особое внимание должно быть уделено работе с маточным стадом. При этом эффективность такой работы, как правило, связана с правильной оценкой имеющихся животных не по одному, а по целому ряду селекционируемых признаков, таких, как многоплодие, молочность, масса гнезда и др. [10].

Поскольку количество показателей продуктивных признаков, которые бывает необходимо учесть при оценке матки, довольно значительно, рационально их интегрировать в единый индекс, с выведением на этой основе каждому животному единого оценочного балла [1, 2].

При этом значения индекса образуют собой шкалу, позволяющую количественно дифференцировать животных по занимаемому в стаде рангу, соответственно их продуктивности. При решении вопроса в какую группу – либо в племенную, либо в пользовательную, определить матку, либо вообще выбраковать ее из стада, определяющее значение будет иметь как абсолютное значение ее собственного индекса, так и его отношение к среднему значению того же индекса по всему стаду [4, 8].

Результативность такой селекции повысится, если использовать в составе индекса положительно коррелирующие показатели или хотя бы нейтральные по отношению друг к другу [5].

Рядом авторов уже разработано достаточно значительное количество селекционных индексов [3, 7, 9]. Они, однако, не всегда учитывают все особенности признаков, по которым ведется отбор.

Цель работы – обоснование необходимости внесения изменений в комплексные селекционные индексы КПКВ и ИВК с разработкой усовершенствованных индексов для ведения селекции в маточных стадах для повышения как сохранности поросят, так и многоплодия свиноматок.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлись чистопородные и помесные свиноматки, а также поросята-сосуны белорусской мясной породы. Предметом исследования были показатели воспроизводительных качеств свиноматок: многоплодие (гол.), молочность (кг), количество поросят при отъеме (гол.), сохранность поросят к отъему (%), масса гнезда при отъеме (кг). Источником данных для проведения анализа послужили документы зоотехнического учета – станковые карточки свиноматок, журналы учета опоросов и приплода. Результаты опоросов свиноматок отбирались методом случайной выборки в стадах как племенных, так и товарных хозяйств.

Изучались следующие показатели воспроизводительных качеств: многоплодие свиноматок (гол.), фактическое количество поросят в гнезде после его формирования (гол.), количество поросят при отъеме (гол.), масса гнезда при отъеме (кг), сохранность поросят к отъему (%).

Расчеты выполнены на ПЭВМ с помощью программы «Microsoft Office Excel».

Результаты исследований. Один из селекционных индексов, с достаточной полнотой охватывающий продуктивные признаки свиноматок, – «Комплексный показатель воспроизводительных качеств» (КПКВ), предложенный В.А. Коваленко с соавторами [8]. Его расчет первоначально велся по следующей формуле:

$$\text{КПКВ} = 1,1 \cdot x_1 + 0,3 \cdot x_2 + 3,3 \cdot x_3 + 0,35 \cdot x_4, \quad (1)$$

где x_1 – многоплодие (гол.);

x_2 – молочность (кг);

x_3 – количество поросят при отъеме (гол.);

x_4 – масса гнезда при отъеме (кг).

Однако со временем оказалось, что приведенный расчет не совсем точно отражает особенности учета отдельных показателей, входящих в индекс. В частности – показатель массы гнезда при отъеме привязан к постоянному коэффициенту 0,35, соответствующему продолжительности подсосного периода свиноматки 60 дн. Однако со временем данная продолжительность в разных хозяйствах стала варьировать от 26 до 56 дней, и приведенный расчет индекса утратил свою актуальность.

Устранению вышеуказанного недостатка способствовало уточнение, внесенное учеными РУП «НПЦ НАНБ по животноводству». Для соблюдения правильности вычисления было предложено показатель x_4 в формуле КПВК (массу гнезда при отъеме, кг) умножать на переменный коэффициент «К», величина которого зависела от срока отъема поросят, оставив остальную формулу неизменной. Индекс с таким дополнением стал более точным и получил название ИВК – «Индекс воспроизводительных качеств» [9].

Однако данный индекс имел еще один недостаток, не позволяющий достоверно оценивать проявление свиноматкой материнских качеств, выражающихся в сохранности поросят под ней в течение подсосного периода.

Хотя формулы и КПВК, и ИВК включают показатель многоплодия и показатель количества поросят к отъему, однако в них не учтено то, что фактическое количество поросят, оставляемое под свиноматкой при формировании ее гнезда после опороса, с реальным многоплодием совпадает далеко не всегда.

Формирование гнезд под свиноматками после завершения опоросов является обязательной процедурой, проводимой в свиноводческих хозяйствах, поскольку многоплодие пороссящихся свиноматок может колебаться от 2 до 20 гол., в то время как под маткой рекомендовано оставлять количество поросят, сообразное с ее возрастом, упитанностью и количеством действующих сосков. При этом у маток зарубежных материнских пород ландрас и йоркшир отмечается наличие 14 и даже более сосков, а матки пород белорусская крупная белая, белорусская мясная и помесные матки, получаемые при их сочетании, в большинстве своем имеют по 12 сосков и способны выкармливать не более 12 поросят за раз. В итоге многоплодие маток весьма часто не соответствует фактическому количеству оставляемых под ними поросят.

В настоящее время, в соответствии с требованиями к записи результатов опоросов, в карточку свиноматки заносится количество голов, подсаженных или отсаженных при формировании гнезда. Это делает возможным учет голов, оставленных под каждой маткой в начале периода подсоса и отнимаемых по его завершении. А значит, возможна и достоверная оценка сохранности поросят за подсосный период.

Для подтверждения вышесказанного нами был проведен анализ многоплодия свиноматок и среднего количества поросят, оставляемых под ними в условиях племенных товарных хозяйств Республики Беларусь. Было установлено, что в селекционно-гибридном центре «Западный», в зависимости от разводимой породы, от 7,5 до 24,1% гнезд под опоросившимися матками требовало либо подсадки, либо отсадки лишних поросят. При этом среднее количество поросят, оставленных под матками для выращивания, колебалось в пределах 11,1-11,5 гол. В селекционно-гибридном центре «Заднепровский» требовало переформирования после опороса 54,1-54,5% гнезд, а под свиноматками было оставлено в среднем по 11,2-11,3 поросенка. Что касается товарных хозяйств ОАО «СОЖ» и СПК «Маяк Браславский», то там переформировывалось 46,1-46,3% гнезд.

Оказалось также, что в исследуемых племенных и товарных хозяйствах далеко не все свиноматки имели показатель сохранности поросят равным 100%. Так, наибольший удельный вес маток с абсолютной сохранностью поросят в исследуемых хозяйствах был отмечен у маток белорусской крупной белой и белорусской мясной пород – 31,8-33,6%. Среди животных пород дюрок и ландрас наибольший удельный вес (34,8-36,7%) занимали животные с колебанием сохранности в пределах 80-89%, а сохранность 100% показало всего 19,3 и 19,8% маток соответственно. Помесные матки товарных хозяйств имели более низкий уровень материнских качеств. В ОАО «СОЖ» и СПК «Маяк Браславский» доля маток с абсолютной сохранностью составила 1,0-11,5%, а при сохранности 80-89% их удельный вес повысился до 40,3-42,0%.

Отсюда следует, что при проведении оценки свиноматок в данных хозяйствах при помощи индекса ИВК его значение у значительной части животных будет неоправданно завышено, чего бы не случилось при включении в формулу элемента контроля за сохранностью поросят.

Проблема может быть решена введением в третий компонент ранее предложенной учеными РУП «НПЦ НАНБ по животноводству» формулы ИВК ($3,3 \cdot x_3$) дополнительного коэффициента, учитывающего сохранность поросят за подсосный период (КС), который будет равен отношению количества поросят при отъеме к фактическому их количеству, оставленному под маткой при формировании гнезда.

На основе формул КПВК и ИВК нами разработан более точный селекционный индекс, названный РСОС – «Рейтинг свиноматки основного стада». При его расчете для конкретной свиноматки следует сначала по каждому ее законченному опоросу определить частный индекс РС по формуле:

$$PC = 1,1 \cdot x_1 + 0,3 \cdot x_2 + 3,3 \cdot KC \cdot x_3 + K \cdot x_4, \quad (2)$$

где x_1 – многоплодие свиноматки, гол.;
 x_2 – молочность свиноматки, кг;
 x_3 – количество поросят при отъеме, гол.;
 x_4 – масса гнезда при отъеме, кг;
 КС – коэффициент сохранности поросят за подсосный период;
 К – весовой коэффициент массы гнезда при отъеме.

Итоговый показатель «Рейтинг свиноматки основного стада» (PCOC) будет равен среднему арифметическому показателей РС по результатам всех законченных опоросов оцениваемой матки. Он выражается целым числом, а в случае необходимости точного ранжирования свиноматок с практически равными его значениями он округляется до десятых либо до сотых значений.

Наглядно отобразить вышесказанное поможет сравнение продуктивности двух свиноматок с одинаковыми показателями и многоплодия (9 гол. по первому опоросу и 10 гол. по второму), и молочности (48 кг по первому опоросу и 52 кг по второму), и количества голов при отъеме (10 гол. по первому опоросу и 10 гол. по второму) и даже массы гнезда при отъеме в одинаковый срок – 35 дн. (86 кг по первому опоросу и 90 кг по второму). Однако при формировании гнезд матке № 1 на первом опоросе подсадили два поросенка, а матке № 2 – одного. На втором опоросе матке № 1 опять было подсажено два поросенка, а матке № 2 подсадка не осуществлялась.

При оценке продуктивности маток при помощи показателя ИВК значения индекса у них будут одинаковы:

Матка № 1

$$ИВК_{(1 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 9 + 0,3 \cdot 48 + 3,3 \cdot 10 + 0,69 \cdot 86 = 9,9 + 14,4 + 33,0 + 59,3 = 116,6$$

$$ИВК_{(2 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 10 + 0,3 \cdot 52 + 3,3 \cdot 10 + 0,69 \cdot 90 = 11,0 + 15,6 + 33,0 + 62,1 = 121,7$$

$$ИВК_{(по \text{ всем опоросам})} = (116,6 + 121,7) / 2 = 119$$

Матка № 2

$$ИВК_{(1 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 9 + 0,3 \cdot 48 + 3,3 \cdot 10 + 0,69 \cdot 86 = 9,9 + 14,4 + 33,0 + 59,3 = 116,6$$

$$ИВК_{(2 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 10 + 0,3 \cdot 52 + 3,3 \cdot 10 + 0,69 \cdot 90 = 11,0 + 15,6 + 33,0 + 62,1 = 121,7$$

$$ИВК_{(по \text{ всем опоросам})} = (116,6 + 121,7) / 2 = 119$$

Оценка маток при помощи показателя РСОС выявит снижение материнских качеств у матки № 1, что выразится в снижении итогового значения индекса:

Матка № 1

$$PC_{(1 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 9 + 0,3 \cdot 48 + (3,3 \cdot 0,91) \cdot 10 + 0,69 \cdot 86 = 9,9 + 14,4 + 30,0 + 59,3 = 113,6$$

$$PC_{(2 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 10 + 0,3 \cdot 52 + (3,3 \cdot 0,83) \cdot 10 + 0,69 \cdot 90 = 11,0 + 15,6 + 27,4 + 62,1 = 116,1$$

$$PCOC_{(по \text{ всем опоросам})} = (113,6 + 116,1) / 2 = 114,85$$

Матка № 2

$$PC_{(1 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 9 + 0,3 \cdot 48 + (3,3 \cdot 1,0) \cdot 10 + 0,69 \cdot 86 = 9,9 + 14,4 + 33,0 + 59,3 = 116,6$$

$$PC_{(2 \text{ опорос})} = 1,1 \cdot 10 + 0,3 \cdot 52 + (3,3 \cdot 1,0) \cdot 10 + 0,69 \cdot 90 = 11,0 + 15,6 + 33,0 + 62,1 = 121,7$$

$$PCOC_{(по \text{ всем опоросам})} = (116,6 + 121,7) / 2 = 119,15$$

В итоге при отборе предпочтение надо отдать матке № 2, имеющей, при равных значениях остальных показателей воспроизводительных качеств, лучшую сохранность потомства.

В то же время необходимо отметить, что, наряду с достоверной оценкой материнских качеств при отборе свиноматок, желательным в настоящее время является направленное ведение в маточных стадах селекционной работы по повышению показателя многоплодия. Это особо актуально при совершенствовании маточного поголовья, представленного животными пород отечественной селекции.

С подобной целью нами на базе формулы индекса РСОС был разработан еще один селекционный показатель, использование которого при отборе маток на воспроизводство позволяет проводить преимущественную селекцию на повышение многоплодия при одновременном сохранении на достигнутом уровне остальных учитываемых показателей продуктивности. Было замечено, что первый компонент формулы частного индекса РС ($1,1 \cdot x_1$), отвечающий за отбор по многоплодию, из-за фиксированного коэффициента не дает возможности отдать предпочтение маткам с повышенными его показателями при расчете значения индекса. Проблема была решена путем разработки индекса РСОСм – «Рейтинг свиноматки основного стада с учетом многоплодия», при этом в первый компонент исходной формулы РС был введен динамический коэффициент (ДК), изменяющийся в зависи-

мости от значения показателя многоплодия матки в каждом из опоросов (ДК·1,1·х₁). В остальном порядок расчета индекса РСОСм не отличается от расчета индекса РСОС.

Чтобы продемонстрировать действие разработанных индексов, на примере группы свиноматок белорусской мясной породы из популяции селекционно-гибридного центра «Заднепровский», отобранных методом случайной выборки, был осуществлен условный отбор по величине значений показателей РСОС и РСОСм (таблица 1).

Таблица 1 – Продуктивность свиноматок белорусской мясной породы при их отборе в селекционную группу по показателям индексов РСОС и РСОСм

Используемый индекс	Отобрано		Многоплодие		Масса гнезда в 21 день		Поросят к отъему		Сохранность		Масса гнезда в 35 дней	
	гол. л.	%	гол.	Сv	кг	Сv	гол.	Сv	%	Сv	кг	Сv
<i>Отбор особей с показателями индексов большими среднего по стаду их значения</i>												
РСОС	18	44	12,5 ±0,30	10,1	57,7 ±1,00*	7,4	10,3 ±0,10***	4,0	89,6 ±1,30**	6,2	96,9 ±1,70***	7,5
РСОСм	17	41	12,9 ±0,27*	8,6	57,2 ±1,20*	8,6	10,2 ±0,14*	5,7	88,4 ±1,58	7,4	96,3 ±2,00**	8,5
<i>Отбор 30% лучших особей по величине показателей индексов</i>												
РСОС	12	30	12,7 ±0,32	8,8	58,9 ±1,33*	7,8	10,4 ±0,21*	4,0	91,0 ±1,61*	6,1	100,2 ±1,74***	6,0
РСОСм	12	30	13,1 ±0,33*	8,8	58,3 ±1,52*	9,0	10,4 ±0,17**	5,6	90,2 ±1,89*	7,3	99,0 ±2,13***	7,4
В среднем по стаду	41	100	12,1 ±0,16	8,5	54,4 ±0,66	7,8	9,8 ±0,09	5,8	85,2 ±0,80	6,0	89,6 ±1,34	9,6

*Примечание. Достоверная разница по отношению к средним по стаду значениям: * – $P \leq 0,05$; ** – $P \leq 0,01$; *** – $P \leq 0,001$.*

При анализе таблицы 1 установлено, что при отборе свиноматок по величине РСОС с принятием за нижний лимит среднего по стаду значения этого показателя у маток в селекционной группе многоплодие увеличилось на 0,4 гол. в сравнении с его средним значением по стаду, но без достоверной разницы. Имели место достоверные различия со средними по стаду показателями по молочности – на 3,3 кг, или 6,1% ($P \leq 0,01$), по количеству поросят к отъему – на 0,5 гол., или 5,1% ($P \leq 0,001$), по сохранности – на 4,4 п.п. ($P \leq 0,01$), по массе гнезда при отъеме – на 7,3 кг, или 8,1% ($P \leq 0,001$). Использование для отбора показателя РСОСм позволяет в селекционной группе достоверно повысить многоплодие на 0,8 гол., или 6,6% ($P \leq 0,05$), с одновременным сохранением значений остальных изучаемых показателей на одном уровне со значениями, полученными при использовании РСОС. Так, средние показатели стада без проведения отбора достоверно превышаются по молочности на 2,8 кг, или 5,1% ($P \leq 0,05$), по количеству поросят к отъему – на 0,4 гол., или 4,1% ($P \leq 0,05$), по массе гнезда к отъему – на 6,7 кг, или 7,5% ($P \leq 0,01$).

При отборе лучших по величине показателя РСОС 30% маток (таблица 1) многоплодие в селекционной группе повышается на 0,6 гол., или 5,0%, но то различие со средним по стаду по-прежнему недостоверно. Отмечаются достоверные превышения: по молочности – на 4,5 кг, или 8,3% ($P \leq 0,05$), по количеству поросят к отъему – на 0,6 гол., или 6,1% ($P \leq 0,05$), по сохранности – на 5,8 п.п. ($P \leq 0,05$), по массе гнезда к отъему – на 10,6 кг, или 11,8% ($P \leq 0,001$). Применение для такого способа отбора показателя РСОСм дает достоверное повышение у маток селекционной группы всех изученных показателей над средними их значениями по стаду без отбора: многоплодия – на 1,0 гол., или 8,3% ($P \leq 0,01$), молочности – на 3,9 кг, или 7,2% ($P \leq 0,05$), количества поросят к отъему – на 0,6 гол., или 6,1% ($P \leq 0,01$), сохранности – на 5,0 п.п. ($P \leq 0,05$), массы гнезда к отъему – на 9,4 кг, или 10,5% ($P \leq 0,001$).

При этом значения показателей воспроизводительных качеств свиноматок селекционных групп, отобранных как с помощью РСОС, так и с помощью РСОСм, находились на одном уровне, и достоверной разницы между ними отмечено не было.

Заключение. В ходе анализа полученных при осуществлении исследования результатов были сделаны следующие выводы:

1. Обоснована необходимость внесения изменений в комплексные селекционные индексы КПВК и ИВК с разработкой новых усовершенствованных индексов РСОС и РСОСм для ведения селекции в маточных стадах.

2. На примере белорусской мясной породы установлено, что отбор свиноматок по величине индекса РСОС позволяет достоверно повысить у маток селекционной группы молочность – на 3,3-4,5 кг ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), количество поросят к отъему – на 0,5-0,6 гол. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,001$), сохранность поросят – на 4,4-5,8 п. п. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), массу гнезда при отъеме – на 7,3-10,6 кг ($P \leq 0,001$), однако без достоверного повышения многоплодия. Использование для отбора индекса РСОСм позволяет достоверно повысить многоплодие в селекционной группе на 0,8-1,0 гол. ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$) при сохранении значений остальных учетных показателей воспроизводительных качеств маток на одном уровне с показателями селекционной группы, отобранной с помощью индекса РСОС, без достоверных различий между ними.

3. Научно обоснованы и разработаны способы оценки свиноматок основного стада при отборе в селекционную группу с применением комплексных селекционных индексов «Рейтинг свиноматки основного стада» (РСОС) и «Рейтинг свиноматки основного стада с учетом многоплодия» (РСОСм), использование которых отличается большей достоверностью при оценке материнских качеств, чем использование сходных индексов КПВК и ИВК, а также возможностью проведения целенаправленной селекции на повышение многоплодия.

Conclusion. During the analysis of the results obtained during the study, the following conclusions were made:

1. The need for changes in the complex selection indices CPVC and IVC with the development of new improved indices RSMH and RSMHm for conducting selection in breeding herds was substantiated.

2. Using the Belarusian meat breed as an example, it has been established that selection of sows based on the value of the RSOS index allows for a reliable increase in the milk yield of sows in the selection group by 3.3-4.5 kg ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), the number of piglets at weaning by 0.5-0.6 heads ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,001$), the survival rate of piglets by 4.4-5.8 percentage points ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$), and the weight of the litter at weaning by 7.3-10.6 kg ($P \leq 0,001$), however, without a reliable increase in multiple pregnancy. The use of the RSMHm index for selection allows for a reliable increase in multiple pregnancy in the selection group by 0.8-1.0 goals ($P \leq 0,05$, $P \leq 0,01$) while maintaining the values of the remaining recorded indicators of the reproductive qualities of the ewes at the same level as the indicators of the selection group, selected using the RSMH index, without reliable differences between them.

3. Scientifically substantiated and developed methods for assessing sows of the main herd when selecting for a selection group using the complex selection indices "Rating of the sow of the main herd" (RSMH) and "Rating of the sow of the main herd taking into account prolificacy" (RSMHm), the use of which is more reliable in assessing maternal qualities than the use of similar CPVC and CPI indices, as well as the possibility of targeted breeding to increase prolificacy.

Список литературы.

1. Дойлидов, В. А. *Этология. Раздел 1. Общая этология : курс лекций для студентов зооинженерного факультета по специальности «Зоотехния»* / В. А. Дойлидов, Е. Н. Ляхова ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2005. – 50 с.

2. Каспирович, Д. А. *Влияние полиморфизма гена ECR F4 (MUC 4) на воспроизводительные способности хряков и репродуктивные качества свиноматок крупной белой породы* / Д. А. Каспирович, В. А. Дойлидов, Н. А. Лобан // *Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины*. – 2008. – Т. 44, вып. 1. – С. 200–203.

3. Коротков, В. А. *Методика використання індексів у селекції свиней* / В. А. Коротков, О. І. Кравченко, М. Д. Березовський // *Сучасні методики досліджень у свинарстві*. – Полтава, 2005. – С. 51–53.

4. *Методические рекомендации по повышению продуктивных качеств свиноматок белорусской крупной белой породы* / Н. А. Лобан, И. П. Шейко, И. С. Петрушко [и др.] ; НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Минск, 2008. – 17 с.

5. Никитченко, И. Н. *Методические положения конструирования селекционных индексов в животноводстве* / И. Н. Никитченко // *Зоотехническая наука Белоруссии : сб. науч. тр.* / Белорусский научно-исследовательский институт животноводства. – Минск: Ураджай, 1983. – Т. 24. – С. 14–21.

6. *Племенная работа в скотоводстве: учебно-методическое пособие для студентов по специальности «Зоотехния»* / В. И. Шляхтунов, В. И. Смунев, М. М. Карпеня, В. Н. Минаков ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2007. – 72 с.

7. Сердюков, И. П. *Совершенствование внутрипородных типов свиней с применением индексной оценки : специальность 06.02.01 "Диагностика болезней и терапия животных, патология, онкология и морфология животных" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук* / Сердюков Иван Петрович ; Ставропольский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь, 2006. – 26 с.

8. Степанов, В. И. *Достижения популяционной генетики – на службу селекционному процессу* / В. И. Степанов, В.А. Коваленко, Н.В. Михайлов // *Генетика и селекция животных на Дону : сб. тр. Ростовского университета*. – 1987. – С. 12–15.

9. Патент № 2340179 С2 Российская Федерация, МПК А01К 67/02. *Способ прогнозирования эффекта гетерозиса в свиноводстве* : № 2006118084/13 : заявлено 26.05.2006 : опубликовано 10.12.2008 / Шейко И. П., Лобан Н. А., Василюк О. Я. [и др.] ; заявитель Республиканское унитарное предприятие "Научно-

практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству".

10. Ятусевич, В. П. Свиноводство : рабочая тетрадь для студентов по специальности «Зоотехния» / В. П. Ятусевич, В. А. Дождидов ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – 6-е изд., перераб. – Витебск : ВГАВМ, 2024. – 44 с.

References.

1. Dojlidov, V. A. Etologiya. Razdel 1. Obshaya etologiya : kurs lekcij dlya studentov zooinzhenernogo fakulteta po specialnosti «Zootehniya» / V. A. Dojlidov, E. N. Lyahova ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2005. – 50 s.

2. Kaspirovich, D. A. Vliyaniye polimorfizma gena ECR F4 (MUC 4) na vosproizvoditelnye sposobnosti hryakov i reproduktivnye kachestva svinomatok krupnoj beloj porody / D. A. Kaspirovich, V. A. Dojlidov, N. A. Loban // Uchenye zapiski Vitebskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny. – 2008. – T. 44, vyp. 1. – S. 200–203.

3. Korotkov, V. A. Metodika vikoristaniya indeksiv u selekcii svinej / V. A. Korotkov, O. I. Kravchenko, M. D. Bezrovskij // Suchasni metodiki dosledchien u svinarstvi. – Poltava, 2005. – S. 51–53.

4. Metodicheskie rekomendacii po povysheniyu produktivnyh kachestv svinomatok belorusskoj krupnoj beloj porody / N. A. Loban, I. P. Shejko, I. S. Petrushko [i. dr.] ; NPC NAN Belarusi po zhivotnovodstvu. – Minsk, 2008. – 17 s.

5. Nikitchenko, I. N. Metodicheskie polozeniya konstruirovaniya selekcionnyh indeksov v zhivotnovodstve / I. N. Nikitchenko // Zootehnicheskaya nauka Belorussii : sb. nauch. tr. / Belorusskij nauchno-issledovatel'skij institut zhivotnovodstva. – Minsk: Uradzhaj, 1983. – T. 24. – S. 14–21.

6. Plemennaya rabota v skotovodstve: uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov po specialnosti «Zootehniya» / V. I. Shlyahunov, V. I. Smuney, M. M. Karpenya, V. N. Minakov ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2007. – 72 s.

7. Serdyukov, I. P. Sovershenstvovanie vnutripородnyh tipov svinej s primeneniem indeksnoj ocenki : specialnost 06.02.01 "Diagnostika boleznej i terapiya zhivotnyh, patologiya, onkologiya i morfologiya zhivotnyh" : avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata selskohozyajstvennyh nauk / Serdyukov Ivan Petrovich ; Stavropol'skij nauchno-issledovatel'skij institut zhivotnovodstva i kormoproizvodstva. – Stavropol, 2006. – 26 s.

8. Stepanov, V. I. Dostizheniya populyacionnoj genetiki – na sluzhbu selekcionnomu processu / V. I. Stepanov, V. A. Kovalenko, N. V. Mihajlov // Genetika i selekciya zhivotnyh na Donu : sb. tr. Rostovskogo universiteta. – 1987. – S. 12–15.

9. Patent № 2340179 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK A01K 67/02. Sposob prognozirovaniya efekta geterozisa v svinovodstve : № 2006118084/13 : zayavleno 26.05.2006 : opublikovano 10.12.2008 / Shejko I. P., Loban N. A., Vasilyuk O. Ya. [i. dr.] ; zayavitel Respublikanskoe unitarnoe predpriyatie "Nauchno-prakticheskij centr Nacionalnoj akademii nauk Belarusi po zhivotnovodstvu".

10. Yatusевич, В. П. Свиноводство : рабочая тетрадь для студентов по специальности «Зоотехния» / В. П. Ятусевич, В. А. Дождидов ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – 6-е изд., перераб. – Витебск : VGAVM, 2024. – 44 с.

Поступила в редакцию 11.08.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-42-46

УДК 636.5.087.7

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «МАГНИФИДПЛЮС-С» В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

*Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X, **Клундук Л.Ф.,

*Горovenko М.В. ORCID ID 0000-0002-2426-9595, *Подрез В.Н. ORCID ID 0000-0001-7527-2228,

*Медведская Т.В. ORCID ID 0000-0002-4347-9889, *Карпеня С.Л. ORCID ID 0000-0001-7690-9091,

*Гуйван В.В., *Горovenko А.Н., ***Капитонова Е.А.

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

**ЗАО «Консул», г. Брест, Республика Беларусь

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

В результате проведенных исследований установлено, что применение кормовой добавки «МагнифидПлюс-С» с питьевой водой в количестве 1 г на 1 литр (50–100 мг/кг живой массы в течение периода выращивания) при выращивании цыплят-бройлеров позволяет повысить их живую массу в возрасте 42 дня и среднесуточный прирост за период выращивания на 5,7% ($P < 0,05$) и снизить расход кормов на 1 кг прироста на 3,2%. **Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, рацион, магний, Магнифид-Плюс-С, живая масса, среднесуточный прирост, расход кормов, потребление воды, сохранность.

EFFICIENCY OF USING THE FEED ADDITIVE "MAGNIFIDPLUS-S" IN BROILER CHICKEN FEEDING

*Karpenia M.M., **Klunduk L.F., *Gorovenko M.V., *Podrez V.N., *Medvedskaya T.V.,
*Karpenia S.L., *Guyvan V.V., *Gorovenko A.N., ***Kapitonova E.A.

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

**Consul, Brest, Republic of Belarus

***FSBEI HE "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin",
Moscow, Russian Federation

*As a result of the conducted research, it was found that the use of the feed additive "MagnifidPlus-S" with potable water in the amount of 1 g per 1 liter (50-100 mg/kg of live weight during the growing period) when raising broiler chickens can increase their live weight at the age of 42 days and the average daily growth over the period by 5.7% ($P < 0,05$) and reduce feed consumption per 1 kg of increase by 3.2%. **Keywords:** broiler chickens, diet, magnesium, Magnifidplus-S, live weight, average daily increase, feed consumption, water consumption, safety.*

Введение. Птицеводство является наукоемким, динамично развивающимся направлением в агропромышленном комплексе. Эту отрасль характеризуют усиленный рост воспроизводства поголовья птицы. Современное состояние птицеводства в Республике Беларусь довольно перспективное. Оно способно конкурировать с животноводством, покрыть недостаток мясной продукции в условиях экономического кризиса [1]. В настоящее время отрасли птицеводства уделяется первостепенное значение, как со стороны государства, так и на региональном уровне. Немаловажная роль в производстве продукции птицеводства принадлежит получению мяса птицы. Выращивание бройлеров – весьма экономичный прием производства диетического мяса. Он существенно сокращает количество времени, труда и средств на производство мяса при сопоставлении с использованием чистопородной птицы, крупного рогатого скота и свиней [5].

Одним из важных условий обеспечения высокой продуктивности птицы и снижения затрат кормов на продукцию является научно обоснованное нормированное кормление. Для этого в первую очередь необходимы полнорационные комбикорма, сбалансированные по всем питательным веществам. Обеспечение сельскохозяйственной птицы минеральными и биологически активными веществами является одной из важных задач для поддержания высокой продуктивности. Сельскохозяйственная птица современных кроссов очень требовательна к витаминно-минеральному питанию и реагирует на малейшие погрешности [3].

В настоящее время установлена физиологическая потребность в минеральных элементах, но продолжают мероприятия, сосредоточенные на нахождение норм гарантированных добавок для современных высокопродуктивных кроссов. В оптимизации минерального питания сельскохозяйственной птицы важное значение отводится магнию. Магний в организме животных выполняет разнообразные функции. Он участвует в поддержании нормального кислотно-щелочного равновесия и осмотического давления в жидкостях и тканях организма, а также обеспечивает функциональную способность нервно-мышечного аппарата. Он входит в состав ферментов, а также регулирует окислительные процессы и участвует в терморегуляции [7]. Известно, что магний является внутриклеточным катионом. Он содержится в митохондриях клеток и участвует в процессе промежуточного обмена как специфический активатор ряда ферментных систем. Ион магния участвует в усвоении и обмене энергии, углеводов, жиров, биосинтезе белков, образовании мочевины и информационной РНК, расщеплении и переносе фосфатных групп. Магний влияет на состояние неспецифического иммунитета, возбудимость нервных окончаний, мышечное сокращение и на процессы кальцификации скелета. Резервируется магний в костях (до 2 г/кг) и мягких тканях (0,2 г/кг). При недостатке магния животные могут использовать от 30 до 70% его запасов из скелета [3].

При недостатке магния в организме, особенно полном истощении его запасов, изменяется структура тканей, нарушается обмен углеводов и фосфора, расширяются периферические сосуды, повышается частота сердечбиений. Кроме того, у животных проявляется типичное поражение волосяного покрова и снижается уровень содержания магния в сыворотке крови. Избыток магния в корме увеличивает выделение из организма кальция и влияет на обмен фосфора, что приводит к снижению кальция в костном остове животных [6]. Установлено, что цыплята, которым скармливали несбалансированные по магнию рационы, росли медленно приблизительно до недельного возраста, а затем вообще перестали расти. Они стали сонливыми и заторможенными, у них наблюдались кратковременные судороги, сопровождающиеся одышкой. Гипомагниемия и гипокальциемия у цыплят связаны со значительной недостаточностью магния. В большеберцовой кости происходило уменьшение содержания магния и увеличение содержания кальция, при этом отмечалось утолщение трабекул, увеличение времени сохранения основы хряща и возникновение удлинённых и бездействующих остеоцитов в метафизе кости [2, 4].

Поддержание нормальной концентрации магния в организме возможно лишь при его регулярном поступлении с кормом и водой. В связи с этим усвояемость принятого магния очень важна. Ис-

пользование магния из пищеварительной системы снижается по мере увеличения возраста животных. Магний, принятый с кормом, взрослый организм животного использует всего на 20-30% [7].

Цель исследований – определить эффективность применения кормовой добавки «МагнифидПлюс-С» в кормлении цыплят-бройлеров.

Материалы и методы исследований. Объектом исследований служила кормовая добавка «МагнифидПлюс-С», производимая ЗАО «Консул» по ТУ ВУ 200534611.057–2023. Для равномерной дачи птице «МагнифидПлюс-С» вводили в рацион цыплят-бройлеров с питьевой водой с учетом потребления цыплятами в мг/кг живой массы. Для проведения опыта по принципу аналогов сформировали 2 группы цыплят 5-дневного возраста по 15 голов в каждой группе. Продолжительность опыта составила 37 дней. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта

Группа	Количество голов	Особенности содержания и кормления	Исследуемые показатели
1-я контрольная	15	Групповое (напольное) содержание. Основной рацион.	Интенсивность роста, расход кормов и потребление воды, сохранность
2-я опытная	15	Групповое (напольное) содержание. Основной рацион + «МагнифидПлюс-С» в количестве 1,0 г на 1 л питьевой воды (50-100 мг/кг живой массы в течение периода выращивания)	

По внешнему виду кормовая добавка представляет собой свободно сыпучий зернистый порошок, от белого до слегка серого цвета, без твердых комочков, без посторонних примесей и запаха.

В период исследований учитывали следующие показатели:

- динамику живой массы цыплят-бройлеров определяли путем взвешивания на электронных весах с точностью до 0,1 г. Индивидуальные взвешивания молодняка проводили в суточном возрасте, в возрасте 10, 24 и 42 дней;
- среднесуточный прирост живой массы рассчитывали по общепринятой формуле по возрастным периодам 1-10 дней, 11-24 и 25-42 дня;
- потребление корма и воды контролировали путем ежедневного группового учета дачи корма и снятием остатков в конце учетного периода;
- сохранность цыплят за период выращивания.

Кормление цыплят-бройлеров осуществлялось полнорационными комбикормами.

Цифровой материал обработан методами биометрической статистики. В работе принято следующее обозначение уровня достоверности: * – $P < 0,05$.

Результаты исследований. В результате эксперимента установлено, что использование кормовой добавки «МагнифидПлюс-С» оказало положительное влияние на динамику живой массы цыплят-бройлеров от посадки в суточном возрасте до убоя в 42-дневном (таблица 2). В начале опыта разница по живой массе у суточных цыплят была незначительной и составила 0,6 г.

Таблица 2 – Динамика живой массы цыплят-бройлеров, г (n=15, M±m)

Возраст, дней	1-я контрольная группа	2-я опытная группа
Суточные	42,1±0,57	42,7±0,44
10	348,2±6,75	351,7±7,23
24	1280,3±26,49	1326,6±22,08
42	2770,0±47,51	2927,0±49,17*
В % к контролю	100	105,7

На протяжении всего опыта цыплята-бройлеры 2-й опытной группы характеризовались большей живой массой в сравнении с аналогами 1-й контрольной группы. Так, в возрасте 10 дней живая масса цыплят 2-й опытной группы была выше на 3,5 г, или на 1,0%, в возрасте 24 дней – на 46,3 г, или на 3,6%, в возрасте 42 дня – на 157,0 г, или на 5,7% ($P < 0,05$).

Одним из главных показателей, характеризующих интенсивность роста молодняка птицы, является среднесуточный прирост живой массы. Проведенный анализ динамики среднесуточных приростов показал, что цыплята-бройлеры 1-й контрольной группы уступали по данному признаку сверстникам 2-й опытной группы практически во все возрастные периоды (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика среднесуточного прироста живой массы цыплят-бройлеров, г (n=15, M±m)

Возрастной период, дней	1-я контрольная группа	2-я опытная группа
1-10	30,6±0,64	30,9±0,48
11-24	66,5±1,42	69,6±1,19
25-42	82,8±3,14	88,9±2,08
В среднем за период 1–42 дня	65,0±1,29	68,7±1,16*
В % к контролю	100	105,7

Среднесуточный прирост цыплят-бройлеров 1-й контрольной группы в период выращивания с 1 до 10 дней практически не отличался. В возрастной период с 11 до 24 дней цыплята 2-й опытной группы превосходили сверстников 1-й контрольной группы на 3,1 г, или на 4,7%, в возрастной период с 25 до 42 дней – на 6,1 г, или на 7,4%. В целом за период выращивания от посадки до убоя среднесуточный прирост цыплят-бройлеров 2-й опытной группы был выше по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы на 3,7 г, или на 5,7% ($P<0,05$).

В опыте интенсивный рост цыплят-бройлеров требовал повышенного использования корма. Во время выращивания молодняк всех групп получал полноценные комбикорма, рассчитанные на определенный возрастной период. Фактическое потребление комбикорма и конверсия его использования приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Фактическое потребление комбикорма и конверсия за период выращивания

Группа	Израсходовано кормов за 42 дня, кг	Получено прироста живой массы, г	Расход кормов на 1 кг прироста, кг
1-я контрольная	4,21	2727,9±19,3	1,54
2-я опытная	4,29	2884,3±16,9	1,49

При оценке конверсии корма было установлено, что более рационально расходовали корма цыплята-бройлеры 2-й опытной группы, несмотря на более высокий расход за период опыта. На получение 1 кг прироста живой массы ими было затрачено 1,49 кг комбикорма, что на 0,05 кг, или на 3,2%, ниже, чем у аналогов 1-й контрольной группы.

Использование изучаемой кормовой добавки способствовало более высокому потреблению воды цыплятами 2-й опытной группы (таблица 5). Так, за период выращивания молодняк этой группы потребил воды на 8,9 л, или 7,2%, больше, чем сверстники 1-й контрольной группы.

Таблица 5 – Потребление воды за период выращивания

Группа	Потреблено воды за 42 дня, л	Расход воды на одну голову, л
1-я контрольная	123,60	8,24
2-я опытная	132,50	8,84

Следующим этапом исследования явился анализ сохранности птицы, которая характеризует количество выращенного молодняка и вместе с другими факторами обуславливает эффективность производства. За весь период выращивания в обеих группах падежа не наблюдалось и уровень сохранности у цыплят-бройлеров обеих групп составил 100% (таблица 6).

Таблица 6 – Сохранность цыплят-бройлеров за период выращивания

Группы	Поголовье в начале опыта, гол.	Выбыло цыплят, гол.	Поголовье в конце опыта, гол.	Сохранность, %
1-я контрольная	15	0	15	100
2-я опытная	15	0	15	100

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что использование кормовой добавки «МагнифидПлюс-С» в рационе цыплят-бройлеров с питьевой водой в количестве 1 г / литр (50-100 мг/кг живой массы в течение периода выращивания) способствует увеличению интенсивности их роста и снижению расхода кормов, что выразилось в повышении среднесуточного прироста за период выращивания на 5,7% ($P<0,05$), уменьшении расхода кормов на единицу прироста на 3,2%.

Conclusion. As a result of the studies, it was found that the use of the MagnifidePlus-C feed additive in the diet of broiler chickens with potable water in an amount of 1 g/liter (50-100 mg/kg of live weight during the growing period) contributes to an increase in their growth intensity and a decrease in feed con-

sumption, which resulted in an increase in the average daily growth over the growing period by 5.7% ($P < 0.05$), a decrease in the consumption of cows – per unit of growth by 3.2%.

Список литературы.

1. Бессарабов, Б. Ф. *Птицеводство и технология производства яиц и мяса птицы* / Б. Ф. Бессарабов, Э. И. Бондарев, Т. А. Столляр. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 352 с.
2. Арылов, Ю. Н. Влияние концентрации минеральных веществ в рационе на использование питательных веществ жвачными животными / Ю.Н. Арылов, Б. С. Убушаев, Н. Н. Мороз // *Аграрная наука*. – 2017. – № 11. – С. 50.
3. *Выращивание цыплят-бройлеров*. – Текст: электронный. – URL: <http://fermer> (дата обращения: 07.02.2024).
4. Макаревич, Н. Ю. *Баланс кальция и фосфора при введении в рацион птицы биологически активной добавки «Вигозин»* / Н. Ю. Макаревич // *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : материалы XVII Международной студенческой научной конференции, посвященной 80-летию образования кафедры зооигиены, экологии и микробиологии УО БГСХА / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия*. – Горки : БГСХА, 2014. – С. 224–225.
5. *Мировые тенденции развития птицеводства* // *Информационно-ресурсный центр*. – Текст: электронный. – URL: <http://belniva.sb.by/belarus> (дата обращения 05.02.2024).
6. *Оценка физиологического состояния птицы и качества продукции* / Т. М. Околелова, С. В. Енгашев, Е. С. Енгашева [и др.]. – Москва : ООО "Издательский Центр РИОР", 2023. – 184 с.
7. Разумовский, Н. *Магний в питании коров* / Н. Разумовский, Д. Соболев // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2016. – № 9. – С. 35–36.
8. *Эффективность использования эссенциальных минеральных элементов и витаминов в кормлении крупного рогатого скота и молочных коз : монография* / И. В. Брыло, Н. С. Яковчик, М. М. Карпеня [и др.] ; *Белорусский государственный аграрный технический университет*. – Минск : БГАТУ, 2023. – 272 с.

References.

1. Bessarabov, B. F. *Pticevodstvo i tehnologiya proizvodstva yaic i myasa pticy* / B. F. Bessarabov, E. I. Bondarev, T. A. Stollyar. – Sankt-Peterburg : Lan, 2015. – 352 s.
2. Arylov, Yu. N. *Vliyanie koncentracii mineralnyh veshestv v racione na ispolzovanie pitatelnyh veshestv zhvachnymi zivotnymi* / Yu.N. Arylov, B. S. Ubushaev, N. N. Moroz // *Agrarnaya nauka*. – 2017. – № 11. – S. 50.
3. *Vyrashivanie cyplyat-brojlerov*. – Tekst: elektronnyj. – URL: <http://fermer> (data obrasheniya: 07.02.2024).
4. *Makarevich, N. Yu. Balans kalciya i fosfora pri vvedenii v racion pticy biologicheskii aktivnoj dobavki «Vigozin»* / N. Yu. Makarevich // *Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva : materialy XVII Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii, posvyashennoj 80-letiyu obrazovaniya kafedry zoogigieny, ekologii i mikrobiologii UO BGSXA / Belorusskaya gosudarstvennaya selskohozyajstvenna yaakademiya*. – Gorki : BGSXA, 2014. – S. 224–225.
5. *Mirovyie tendencii razvitiya pticevodstva* // *Informacionno-resursnyj centr*. – Tekst: elektronnyj. – URL: <http://belniva.sb.by/belarus> (data obrasheniya 05.02.2024).
6. *Ocenka fiziologicheskogo sostoyaniya pticy i kachestva produkcii* / T. M. Okolelova, S. V. Engashev, E. S. Engasheva [i dr.]. – Moskva : OOO "Izdatelskij Centr RIOR", 2023. – 184 s.
7. *Razumovskij, N. Magnij v pitanii korov* / N. Razumovskij, D. Sobolev // *Belorusskoe selskoe hozyajstvo*. – 2016. – № 9. – S. 35–36.
8. *Effektivnost ispolzovaniya essencialnyh mineralnyh elementov i vitaminov v kormlenii krupnogo roगतого skota i molochnyh koz : monografiya* / I. V. Brylo, N. S. Yakovchik, M. M. Karpenya [i dr.] ; *Belorusskij gosudarstvennyj agrarnyj tehnikeskij universitet*. – Minsk : BGATU, 2023. – 272 s.

Поступила в редакцию 09.09.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-46-51

УДК 636.5.085.11

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ЭКОЦИД С» ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ

Коновалова Е.М. ORCID ID 0009-0000-5206-4389, Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433,
Пеньшина Е.Ю.

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

В статье представлены результаты влияния дезинфицирующего препарата «Экоцид С» на эмбриональную жизнеспособность при инкубации яиц кур родительского стада кросса «Кобб-500». Яйца инкубировали согласно действующим отраслевым стандартам в лаборатории МГАВМиБ – МВА им. К.И. Скрябина. Установлено, что трансвариальное применение растворов препарата «Экоцид С» не оказало отрицательного влияния на выводимость яиц и вывод кондиционных цыплят. Применение препарата «Экоцид С» в концентрации 1,0% раствора способствовало не только снижению бактериальной обсемененности поверхности скорлупы яиц на 99,8%, но и повышению эмбриональной жизнеспособности на 4,3%, выводу кондиционных цыплят на 6,4%, их живой массы на 1,6% по сравнению с контрольной группой. Увеличение дозы

препарата «Экоцид С» до 3,0% не повышает жизнеспособность молодняка. Рекомендуем проводить обработку инкубационных яиц раствором препарата «Экоцид С» из расчета 1,0%. **Ключевые слова:** птицеводство, инкубационное яйцо, аллантоис, вывод, выводимость, отходы инкубации, биологический контроль, суточный цыпленок, живая масса.

EFFICIENCY OF USING THE PRODUCT "ECOCIDE S" FOR DISINFECTION OF INCUBATION EGGS

Konovalova E.M., Kapitonova E.A., Penshina E.Yu.

FSBEI HE "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin",
Moscow, Russian Federation

*The article presents the results of the effect of the disinfectant "Ecocide S" on embryonic viability during the incubation of eggs of the parent flock of the "Cobb-500" cross. The eggs were incubated according to current industry standards in the laboratory of the Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin. It was established that transovarial application of "Ecocide S" solutions did not have a negative effect on egg hatchability and hatching of healthy chickens. Application of "Ecocide S" at a concentration of 1.0% solution contributed not only to a decrease in bacterial contamination of the egg shell surface by 99.8%, but also an increase in embryonic viability by 4.3%, hatching of healthy chickens by 6.4%, their live weight by 1.6% compared to the control group. Increasing the dose of the drug "Ecocide S" to 3.0% does not increase the viability of young animals. We recommend treating of hatching eggs with a solution of the drug "Ecocide S" at a concentration of 1.0%. **Keywords:** poultry farming, hatching egg, allantois, hatching, hatchability, hatching waste, biological control, day-old chick, live weight.*

Введение. В трансформирующемся обществе, когда политика и экономика тесно переплетаются, обеспечению продовольственной безопасности страны уделяется особое внимание. В животноводстве удельный вес отрасли птицеводства с каждым годом растет. Однако, в нынешних условиях, самообеспеченность отрасли инкубационным яйцом оставляет желать лучшего. В связи с этим является актуальным изыскание резервов повышения качества прединкубационной обработки яиц, биологического контроля инкубации и выводимости кондиционного молодняка [8].

На каждом этапе технологического процесса, сталкиваясь с многочисленными производственными ситуациями, специалистам приходится изыскивать новые приемы и методы обеспечения высоких результатов отрасли [7, 9]. Зачастую эффективность работы цеха инкубации препятствуют: несоблюдение ветеринарно-санитарных требований как при содержании родительского стада, так и при сборе яиц, транспортировке и их хранении, что естественным образом приводит к их бактериальному загрязнению. Параметры микроклимата, создаваемые в инкубаторе, являются благоприятными не только для развития эмбрионов птиц, но и для патогенных и условно-патогенных микроорганизмов [3]. В результате в период инкубации идет накопление всевозможной микрофлоры как на поверхности яйца, так и внутри него, что приводит к снижению выводимости яиц и качества получаемого кондиционного молодняка. Установлено, что в процессе эмбрионального развития эмбрион может быть подвергнут различным воздействиям [2, 10].

В процессе многолетних исследований учеными были предложены различные варианты повышения выводимости яиц: физические методы (озонирование, ионизация, ультрафиолетовое облучение), биологические (янтарная кислота, лимонит, митонин, глицин) и химические препараты (септодор, бицин, бромбиоцид, бромосепт) [1]. Считаем, что одним из действенных методов повышения выводимости яиц является дезинфекция [6]. Используемые средства дезинфекции должны быть безопасными для человека, надежно уничтожать микрофлору, загрязняющую скорлупу яйца, не диффундировать в яичную массу, не оказывать негативного влияния на развивающийся эмбрион и стимулировать птенцов, вылупившихся из обработанных яиц. Однако биологический вред развивающимся эмбрионам, ассимиляция микрофлоры, экономическая неэффективность, трудоемкость обработки привели к непригодности препаратов для использования в качестве дезинфицирующих средств при инкубации яиц [4, 5].

Установлено, что самыми безопасными являются препараты на основе перекиси водорода (H_2O_2), разлагающиеся на воду (H_2O) и атомарный кислород (O), который оказывает разрушающее действие на патогены. Одним из эффективных и заслуживающих внимания препаратов этой группы является «Экоцид С» (Словения). Препарат содержит в своем составе в качестве действующего вещества калия пероксомоносульфата (тройная соль) – 50%, а в качестве вспомогательных компонентов: поверхностно-активное вещество – додецилбензолсульфонат натрия, органические кислоты (яблочная, сульфамовая), неорганические буферные системы (хлорид натрия, полифосфат натрия), краситель и отдушку с запахом лимона.

Цель работы – установить эффективность применения препарата «Экоцид С» для санации инкубационных яиц мясных кур и повышения вывода кондиционных цыплят.

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в производственных условиях инкубатория ООО «ФудРус» Сергиево-Посадского района (Московская область) и в научной

лаборатории кафедры зоогигиены и птицеводства им. А. К. Даниловой ФГБОУ ВО «МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина». Подготовленное для проведения исследований яйцо, в количестве 704 шт. было разделено на 4 группы, по 176 штук в каждой. За 1 час перед закладкой в инкубатор препаратом проводили обработку яиц методом мелкодисперсного аэрозольного распыления с помощью аппарата АПА в концентрациях 0,5-3,0%, согласно схеме опыта (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта, (n=176)

Группа	Название препарата	Концентрация средства, %
Контрольная	Формалин	40
Опытная 1	Экоцид С	0,5
Опытная 2	Экоцид С	1,0
Опытная 3	Экоцид С	3,0

Яйца опытных и контрольных партий инкубировали при стандартных режимах в машинах, согласно ОСТ 10 321-2003 «Яйца куриные инкубационные» и ОСТ 46.186-85 «Инкубация яиц куриных, технологический процесс. Основные параметры».

Результаты исследований. Установленные нами показатели качества инкубационных яйца кур кросса «Кобб-500» соответствовали нормативным требованиям и представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества яиц (n=20)

Масса яйца, г	Индекс		Содержание в желтке, мкг/г		Кислотность желтка, мкг/г	Толщина скорлупы, мм
	белка	желтка	каротиноиды	витамин А		
59,0	0,07	0,4	17,0	7,0	5,8	0,36

Во время инкубации яиц о нормальном развитии эмбрионов судят по замыканию аллантоисом содержимого яйца, т.е. чем лучше развит аллантоис, тем выше выводимость яиц и вывод кондиционных цыплят. Во всех группах на 11 сутки инкубации провели анализ степени развития аллантоиса. Наши исследования показали, что по степени развития аллантоиса (1 категория) опытные группы превосходили контроль (таблица 3).

Таблица 3 – Степень развития аллантоиса (n=100)

Группа яиц	Развитие аллантоиса по категориям, %		
	I	II	III
Контрольная	46	32	22
Опытная 1	51	30	19
Опытная 2	56	24	20
Опытная 3	49	27	24

В первой и второй опытных группах установлено максимальное количество яиц с эмбрионами 1 категории развития (56% и 51%) соответственно, что на 5-10% выше по сравнению с контрольной группой.

Вышеуказанное очевидно, обусловлено определенной динамикой «усушки» яиц. Как известно, с потерей массы яйца в процессе инкубации связано испарение воды. Из таблицы 4 видно, что процент усушки в первую половину инкубации в опытной партии был ниже, чем в контрольной группе, а во вторую половину данный показатель был выше в опытных группах.

Таблица 4 – Потеря массы яиц в процессе инкубации, % (n=10)

Сутки инкубации	Показатель усушки, %	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
4		5,51	4,70	4,73	4,00
8		7,32	7,00	6,00	7,12
12		8,07	8,34	8,89	8,00
16		11,83	12,85	14,87	13,22

Зафиксированная тенденция постепенной потери массы яиц является позитивной и свидетельствует о большей полноценности и комфортности условий развития эмбриона. Применение препарата оказало определенное влияние на динамику живой массы бройлеров. Данный показатель у цыплят в суточном возрасте во всех группах был примерно на одном уровне и варьировал от 44,9 до 46,5 г.

После обработки поверхности скорлупы инкубационных яиц препаратом «Экоцид С» в опытных группах эффективность обеззараживания скорлупы яиц составила от 99,3 до 99,8%. Наилучший эффект был отмечен во второй опытной группе, обработанной препаратом «Экоцид С» в концентрации 1,0% (таблица 5).

Таблица 5 – Отходы инкубации, % (n=176)

Показатель	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
Неоплод	5,1±1,26	3,4±1,04	2,9±1,79	3,4±1,04
Ложный неоплод	2,3±0,87	2,3±0,87	-	1,1±0,56
Кровяные кольца	2,3±0,87	1,7±0,74	1,0±0,32	-
Замершие	1,7±0,74	1,1±0,56	0,8±0,77	3,4±1,04
Задохлики	2,8±0,93	4,2 ±1,15	4,0±1,13	4,6±1,34
Слабые	2,0±0,81	-	1,1±0,56	1,1±0,56

Из таблицы 3 видно, что наименьшее количество слабых цыплят было получено от опытных групп. Во второй и третьей опытных группах было идентифицировано 1,1% слабых цыплят, что на 0,9 п.п. было меньше, чем в контроле. В первой опытной группе некондиционных цыплят не обнаружено.

Итоговые результаты биологического контроля инкубации куриных яиц от кур кросса «Кобб-500» при обработке препаратом «Экоцид С» представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты биологического контроля инкубации (n=176)

Показатель	Контрольная	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
Выводимость, %	88,0±1,85	90,0±1,73**	92,3±1,26	89,4±1,96
±Δ	-	+2,0	+4,3	+1,4
Вывод, %	83,8±2,19	87,3±1,96	90,2±1,81	86,4±1,95
±Δ	-	+3,5	+6,4	+2,6

Примечания: здесь и далее * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$.

Вывод цыплят во всех группах проходил в установленные сроки, на 20 сутки, и продолжался в течение 48 часов. Отмечено, что в опытных группах длительность вывода сократилась на 2-4 часа. С учетом отходов инкубации выводимость яиц составила в группе контроля – 88,0 %. В опытных группах выводимость повысилась: на 1,4% – в 3-й группе, на 4,3% – во 2-й группе и на 2,0% – в 1-й опытной группе. Наилучшие результаты были отмечены во 2-й опытной группе (92,3%), где применялась дозировка 1,0% препарата. Нами установлено, что увеличение дозы препарата «Экоцид С» не повышает жизнеспособность молодняка. Напротив, в 3-й опытной группе увеличилось количество замерших эмбрионов на 1,7% и задохликов – на 1,8% по сравнению с группой контроля (см. таблицу 3).

Вывод кондиционных цыплят во всех опытных группах был на 2,6-6,4% выше по сравнению с контрольной группой.

Живая масса суточных цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Живая масса выведенного молодняка, г (n=10)

Показатель	Контроль	Опытная 1	%	Опытная 2	%	Опытная 3	%
Живая масса, г	44,9±0,4	45,7±0,9	+1,78	46,5±0,8	+3,56	45,2±0,9	+0,66
		+0,8		+1,6		+0,3	

Установлено, что во второй опытной группе при обработке инкубационных яиц препаратом «Экоцид С» в концентрации 1,0% раствора живая масса суточных цыплят была выше на 1,6% по сравнению с контрольной группой.

Закключение. Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что трансвариальное применение растворов препарата «Экоцид С» не оказало отрицательного влияния на выводимость яиц и вывод кондиционных цыплят. Применение препарата «Экоцид С» в концентрации 1,0% раствора способствовало не только снижению бактериальной обсемененности поверхности скорлупы яиц на 99,8%, но и повышению эмбриональной жизнеспособности на 4,3%, выводу кондиционных цыплят на 6,4%, их живой массы – на 1,6% по сравнению с контрольной группой.

С целью оптимизации ветеринарно-санитарных мероприятий и стимуляции эмбрионального развития, улучшения результатов инкубации рекомендуем проводить обработку инкубационных яиц 1,0% раствором препарата «Экоцид С».

Conclusion. Thus, based on the results of the studies, it can be concluded that transovarial administration of “Ecocide S” solutions did not negatively impact egg hatchability or hatching healthy chicks. The

use of “Ecocide S” solution at a concentration of 1.0% promoted not only the decrease of bacterial contamination of the eggshell surface by 99.8%, but also an increase in embryonic viability by 4.3%, hatching of healthy chicks by 6.4%, and their live weight by 1.6% compared to the control group.

To optimize veterinary and sanitary measures, stimulate embryonic development, and improve incubation results, we recommend treating hatching eggs with a 1.0% solution of “Ecocide S”.

Работа выполнена в соответствии с требованиями гранта Российского научного фонда по теме: «Здоровье и продуктивное долголетие кур-несушек промышленных кроссов: молекулярно-генетические и иммунологические аспекты» № 22-16-00009 от 16.05.2022 г. (продление 2025-2026 гг.).

Список литературы.

1. Влияние оксидативного стресса, обусловленного использованием в инкубацию яиц старого родителского стада кур, на морфологический состав крови молодняка, при коррегировании их эмбриогенеза цитохромом С / Т. О. Азарнова, С. В. Успенский, И. И. Кочиш, И. С. Луговая // Молодые ученые - науке и практике АПК : материалы Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых (г. Витебск, 27-28 апреля 2023 г.) / Витебская государственная академия ветеринарной медицины [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2023. – С. 14–17.

2. Голушко, В. М. Сравнительный анализ применения биологически активных препаратов и их влияние на качество животноводческой продукции / В. М. Голушко, Е. А. Капитонова // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины». – 2008. – Т. 44, вып. 2, ч. 1. – С. 174–177.

3. Гласкович, М. А. Влияние кормовых антибиотиков на кишечный микробиоценоз сельскохозяйственных животных: краткий аналитический обзор / М. А. Гласкович, Е. А. Капитонова // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины». – 2010. – Т. 46, вып. 1, ч. 1. – С. 194–197.

4. Влияние комплексного препарата «АлкоПерит» при обработке инкубационных яиц на морфологические и иммунологические показатели крови цыплят-бройлеров кросса «Кобб-500» / И. И. Кочиш, В. В. Нестеров, Е. М. Коновалова, О. Мааруф // Химия и АПК: актуальные вопросы и научные достижения : сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения А.Г. Малахова. – Москва, 2024. – С. 220–229.

5. Повышение качества суточных цыплят при применении препарата «АлкоПерит» / О. Мааруф, И. И. Кочиш, В. В. Нестеров, Е. М. Коновалова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 5. – С. 60–67.

6. Дезинфекция инкубационных яиц кур препаратом «АлкоПерит» / М. Обайда, И. И. Кочиш, В. В. Нестеров, Е. М. Коновалова // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2023. – № 8. – С. 86–92.

7. Подобед, Л. И. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц / Л. И. Подобед, И. В. Брыло, Е. А. Капитонова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 339 с.

8. Околелова, Т. М. Производственные риски в промышленном птицеводстве и минимизация потерь : монография / Т. М. Околелова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – 104 с.

9. Современное состояние и проблемы применения антибиотиков в сельском хозяйстве / Е. А. Капитонова, М. А. Гласкович, П. М. Кузьменко [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская государственная академия ветеринарной медицины». – 2011. – Т. 47, вып. 2, ч. 1. – С. 284–288.

10. Технологии производства и переработки продукции животноводства : учебное пособие / М. Б. Улимбашев, В. В. Голембовский, Е. А. Капитонова [и др.] ; ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». – Ставрополь : Ставрополь-Сервис-Школа, 2024. – 207 с.

References.

1. Vliyanie oksidativnogo stressa, obuslovlennogo ispolzovaniem v inkubaciyu yaic starogo rodi-telskogo stada kur, na morfologicheskij sostav krovi molodnyaka, pri korregirovaniy ih embriogeneza citohromom S / T. O. Azarnova, S. V. Uspenskij, I. I. Kochish, I. S. Lugovaya // Molodye uchenye - nauke i praktike APK : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii aspirantov i molodyh uchenyh (g. Vitebsk, 27-28 aprelya 2023 g.) / Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny [i dr.]. – Vitebsk : VGAVM, 2023. – S. 14–17.

2. Golushko, V. M. Sravnitelnyj analiz primeneniya biologicheskij aktivnyh preparatov i ih vliyanie na kachestvo zhivotnovodcheskoj produkcii / V. M. Golushko, E. A. Kapitonova // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2008. – T. 44, vyp. 2, ch. 1. – S. 174–177.

3. Glaskovich, M. A. Vliyanie kormovyh antibiotikov na kishhechnyj mikrobiocenoz selskohozyaj-stvennyh zhivotnyh: kratkij analiticheskij obzor / M. A. Glaskovich, E. A. Kapitonova // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2010. – T. 46, vyp. 1, ch. 1. – S. 194–197.

4. Vliyanie kompleksnogo preparata «AlkoPerit» pri obrabotke inkubacionnyh yaic na morfologicheskie i immunologicheskie pokazateli krovi cyplyat-brojlerov krossa «Kobb-500» / I. I. Kochish, V. V. Nesterov, E. M. Konovalova, O. Maaruf // Himiya i APK: aktualnye voprosy i nauchnye dostizheniya : sbornik statej Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya A.G. Malahova. – Moskva, 2024. – S. 220–229.

5. Povyshenie kachestva sutochnyh cyplyat pri primenenii preparata «AlkoPerit» / O. Maaruf, I. I. Kochish, V. V. Nesterov, E. M. Konovalova // Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya. – 2023. – № 5. – S. 60–67.

6. Dezinfekciya inkubacionnyh yaic kur preparatom «AlkoPerit» / M. Obajda, I. I. Kochish, V. V. Nesterov, E. M. Konovalova // Veterinariya, zootehniya i biotekhnologiya. – 2023. – № 8. – S. 86–92.

7. Podobed, L. I. Osobennosti kormleniya selskohozyajstvennyh ptic / L. I. Podobed, I. V. Brylo, E. A. Kapitonova. – Minsk : IVC Minfina, 2023. – 339 s.

8. Okolelova, T. M. *Proizvodstvennye riski v promyshlennom pticevodstve i minimizaciya poter : monografiya / T.M. Okolelova. – Minsk : IVC Minfina, 2024. – 104 s.*

9. *Sovremennoe sostoyanie i problemy primeneniya antibiotikov v selskom hozyajstve / E. A. Kapitonova, M. A. Glaskovich, P. M. Kuzmenko [i dr.] // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2011. – Т. 47, вып. 2, ч. 1. – S. 284–288.*

10. *Tehnologii proizvodstva i pererabotki produkcii zhivotnovodstva : uchebnoe posobie / M. B. Ulimbashev, V. V. Golembovskij, E. A. Kapitonova [i dr.] ; FGBNU «Severo-Kavkazskij FNAC». – Stavropol : Stavropol-Servis-Shkola, 2024. – 207 s.*

Поступила в редакцию 10.09.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-51-55

УДК 636.574/577:57.08

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ: ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЖИЗНЕННЫЙ ТОНУС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПТИЦ

Кочиш И.И. ORCID ID 0000-0002-8502-6052, Капитонова Е.А. ORCID ID 0000-0003-4307-8433,
Верезубова Н.А. ORCID ID 0009-0003-4139-8094

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

*В статье представлены результаты комплексного исследования влияния различных форм и уровней микроэлементов на жизненный тонус бройлеров. В ходе 42-суточного эксперимента на 200 головах кросса «Росс-308» изучена сравнительная эффективность органических (хелатных) и неорганических форм микроэлементов в стандартных и повышающих дозировках. Установлено, что использование органических комплексов способствует увеличению живой массы на 4,9-8,4% и улучшению конверсии корма на 4,9-8,4%. В статье уделено внимание показателям биохимического статуса птицы, демонстрирующим улучшение минерального обмена и антиоксидантной защиты. Результаты проведенных исследований подтверждают, что оптимизация минерального питания с применением хелатных форм микроэлементов позволяет не только повысить продуктивность птиц, но и обеспечить их жизнеспособность, что, несомненно, повысит экономическую эффективность производства продукции птицеводства. **Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, минеральное питание, микроэлементы, хелатные соединения, конверсия корма, продуктивные показатели, биохимический статус, морфологические показатели тушек.*

OPTIMIZATION OF MINERAL NUTRITION: EFFECT OF MICROELEMENTS ON THE VITALITY OF FARM BIRDS

Kochish I.I., Kapitonova E.A., Verezubova N.A.

FSBEI HE "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Skryabin",
Moscow, Russian Federation

*The article presents the results of a comprehensive study of the effect of various forms and levels of microelements on the vitality of broilers. During a 42-day experiment on 200 heads of the Ross-308 cross, the comparative effectiveness of organic (chelated) and inorganic forms of microelements in standard and increasing dosages was studied. It has been established that the use of organic complexes contributes to an increase in live weight by 4.9-8.4% and an improvement in feed conversion by 4.9-8.4%. The article focuses on indicators of the biochemical status of poultry, demonstrating an improvement in mineral metabolism and antioxidant protection. The results of the conducted studies confirm that the optimization of mineral nutrition using chelated forms of microelements allows not only to increase the productivity of birds, but also to ensure their viability, which will undoubtedly increase the economic efficiency of poultry production. **Keywords:** broiler chickens, mineral nutrition, microelements, chelate compounds, feed conversion, productive indicators, biochemical status, morphological indicators of carcasses.*

Введение. Современное птицеводство стремится к достижению высокой продуктивности при минимальных затратах кормов и ресурсов. В этом контексте важнейшим аспектом является обеспечение сбалансированного минерального питания для цыплят-бройлеров. Микроэлементы, такие как: цинк, медь, железо, марганец, селен и йод, хотя и присутствуют в рационе в небольших количествах, играют критически важную роль в различных биохимических процессах, которые происходят в организме птицы. Они влияют на такие важные аспекты, как рост, развитие, иммунный статус и метаболизм.

В последние годы наблюдается растущий интерес не только к количественному содержанию микроэлементов в кормах, но и к их формам. Например, различия между неорганическими солями и органическими хелатами значительно влияют на биодоступность этих соединений в организме. Это означает, что даже при одинаковом количестве микроэлемента в рационе его усвоение может варьироваться в зависимости от формы, в которой он представлен.

Оптимизация минерального питания является ключевым фактором, способствующим повы-

шению сохранности поголовья, улучшению конверсии корма и качеству конечной продукции. Это, в свою очередь, приводит к экономии ресурсов и увеличению прибыли для производителей. В связи с этим изучение влияния различных форм и дозировок микроэлементов на продуктивность и здоровье цыплят-бройлеров становится актуальным как с научной, так и с практической точки зрения.

Систематическое исследование этих вопросов может помочь разработать более эффективные рационы, которые будут способствовать не только росту и развитию птицы, но и ее продуктивному долголетию. Это особенно важно в условиях современного птицеводства, где конкуренция за ресурсы и требования к качеству продукции постоянно возрастают. В конечном итоге, правильное применение микроэлементов в кормлении бройлеров может стать одним из ключевых факторов, определяющих успех в этой области.

Настоящее исследование ставило перед собой **цель** – всесторонне оценить влияние различных форм (органических и неорганических) и уровней (стандартных и повышенных) микроэлементов в рационе на ключевые показатели выращивания цыплят-бройлеров. В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ эффективности: традиционных неорганических солей микроэлементов (сульфатов, оксидов); органических хелатных соединений (комплексов с аминокислотами и пептидами); их комбинированного применения.
2. Изучить влияние различных дозировок микроэлементов (стандартных и повышенных на 20%) на: динамику роста и развития птицы; сохранность поголовья; эффективность использования кормов.
3. Оценить воздействие исследуемых факторов на: биохимические показатели крови (белковый, минеральный обмен); гематологические параметры; ферментативную активность.
4. Исследовать влияние на: показатели мясной продуктивности; морфологические характеристики тушек.

Особое внимание в исследовании уделялось выявлению корреляционных взаимосвязей между: формами вводимых микроэлементов, их биодоступностью, продуктивными показателями и физиологическим состоянием птицы.

Полученные результаты позволяют не только оценить эффективность различных форм и уровней микроэлементов, но и разработать практические рекомендации по оптимизации минерального питания бройлеров в современных условиях промышленного птицеводства. Исследование вносит значительный вклад в понимание механизмов воздействия микроэлементов на организм птицы и создает научную основу для совершенствования технологий кормления.

Материалы и методы исследований. Научно-производственный эксперимент проводился в первом квартале 2024 года на базе экспериментального птичника Федерального государственного бюджетного общеобразовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный аграрный университет». Для исследований были отобраны 200 суточных цыплят-бройлеров кросса «Росс-308», соответствовавших следующим критериям: однородность по возрасту и живой массе, клинически здоровое состояние, одинаковые условия инкубации и вывода.

Птица методом случайной выборки была разделена на 4 группы по 50 голов в каждой с формированием равных по полу и массе подгрупп. Все группы содержались в идентичных условиях: плотность посадки 12 гол./м², температурный режим 32-34°C в первую неделю с постепенным снижением до 18-20°C к 6 неделе, относительная влажность 60-65%, вентиляция 0,5 м³/ч на 1 кг живой массы. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Особенности эксперимента
Контроль	Основной рацион (ОР), включающий микроэлементы в неорганической форме: сульфат цинка (ZnSO ₄ ·7H ₂ O), сульфат меди (CuSO ₄ ·5H ₂ O), оксид марганца (MnO), йодид калия (KI), селенит натрия (Na ₂ SeO ₃).
Опытная 1	ОР + органические микроэлементы (хелаты с лизином и метионином) в стандартных дозировках (Zn: 80 мг/кг, Cu: 10 мг/кг, Mn: 100 мг/кг, I: 1 мг/кг, Se: 0,3 мг/кг).
Опытная 2	ОР + органические микроэлементы в повышенной дозировке (+20 % к норме): Zn: 96 мг/кг, Cu: 12 мг/кг, Mn: 120 мг/кг, I: 1,2 мг/кг, Se: 0,36 мг/кг.
Опытная 3	ОР + комбинация органических (50%) и неорганических (50%) форм в стандартных дозировках.

Эксперимент продолжался 42 суток. В ходе исследования проводился комплексный мониторинг: продуктивных показателей (еженедельное взвешивание), расчет среднесуточных приростов живой массы, учет потребления корма, контроль потребления воды, расчет конверсии корма; физиологического состояния (ежедневный клинический осмотр, оценка состояния оперения; биохимических исследований (взятие проб крови на 21 и 42 сутки).

Гематологические исследования проводили согласно общепринятым методикам: гемоглобин

(гемоцианиновый метод), общий белок (биуретовый метод), активность ферментов (щелочная фосфатаза), минеральный состав (Ca, атомно-абсорбционная спектрометрия). Для морфологических исследований проводили контрольный убой (5 голов от группы) с определением: убойного выхода, развития мышечной ткани, состояния костяка (рентгенография).

Статистическую обработку проводили с использованием пакета Statistica 10.0, при применении методов: дисперсионного анализа (ANOVA), множественных сравнений (критерий Тьюки), корреляционного анализа. Различия считались достоверными при $p < 0,05$. Для обеспечения достоверности результатов: все корма анализировались на соответствие заявленному составу, проводился контроль условий содержания (логгеры температуры и влажности), использовались стандартизированные методики измерений, исследования дублировались в двух повторностях.

Результаты исследований. По окончании эксперимента нами были проведены заключительные исследования. Полученные результаты продуктивности подопытных цыплят-бройлеров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние различных форм микроэлементов на показатели продуктивности цыплят-бройлеров

Показатель	Контроль	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
Живая масса в конце опыта, кг	2,63±0,12	2,76±0,11*	2,85±0,09**	2,78±0,10*
Среднесуточный прирост, г	62,6±3,1	65,7±2,8*	67,9±2,5**	66,2±2,7*
Конверсия корма, кг	1,72±0,05	1,62±0,04*	1,58±0,03**	1,61±0,04*
Потребление корма, кг/гол.	4,52±0,15	4,47±0,14	4,50±0,13	4,48±0,14

Примечания: * – различия достоверны при $p < 0,05$; ** – при $p < 0,01$ по сравнению с контролем.

Наибольшая живая масса была зафиксирована во 2-й опытной группе, получавшей органические микроэлементы в повышенной дозировке (в среднем 2,85 кг), что на 4,9-8,4% превышало показатель контрольной группы (2,63 кг). Анализ динамики роста показал, что разница в живой массе между группами была статистически значимой ($p < 0,05$) уже с 3-й недели выращивания. Соответственно, наивысший среднесуточный прирост был отмечен у бройлеров, выращиваемых в опытной группе 2.

Конверсия корма улучшилась на 5,8-8,1% в группах с органическими микроэлементами, по сравнению с контрольной (1,58-1,62 против 1,72). Наибольшая эффективность использования корма отмечена во 2-й опытной группе (1,58), что подтверждает преимущество повышенных дозировок хелатных форм микроэлементов. Максимальный расход корма на одну голову за весь технологический период выращивания бройлеров был зафиксирован в контрольной группе.

Биохимический анализ крови выявил существенные различия между группами (таблица 3).

Таблица 3 – Биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Показатель	Контроль	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
Гемоглобин, г/л	98±4,2	112±3,8*	115±3,5**	110±3,6*
Общий белок, г/л	42±1,8	46±1,6*	48±1,5**	45±1,7*
Щелочная фосфатаза, Ед/л	280±12	320±11*	350±10**	310±11*
Кальций, ммоль/л	2,8±0,1	3,0±0,1*	3,1±0,1**	2,9±0,1

Примечания: * – различия достоверны при $p < 0,05$; ** – при $p < 0,01$ по сравнению с контролем.

Уровень гемоглобина был выше на 14,3-17,3% в группах с хелатными формами микроэлементов (112-115 г/л против 98 г/л в контроле), что свидетельствует о лучшем усвоении железа из органических соединений. Максимальный уровень общего белка был достигнут в опытной группе 2 – на 14,3%, по сравнению с группой контроля.

Активность щелочной фосфатазы (маркер фосфорно-кальциевого обмена) также была достоверно выше в опытных группах (310-350 Ед/л против 280 Ед/л в контроле), что указывает на более интенсивный метаболизм костной ткани. В опытной группе 2 были получены наилучшие показатели по щелочной фосфатазе – на 10,7-25,0% и уровню кальция – 3,6-10,7%, по сравнению с контрольной группой, что особенно важно для птицы тяжелых кроссов мясного направления продуктивности.

При проведении контрольного убоя нами были выявлены существенные различия в морфологическом составе тушек (таблица 4).

Таблица 4 – Морфологические показатели тушек бройлеров

Показатель	Контроль	Опытная 1	Опытная 2	Опытная 3
Убойный выход, %	73,15	73,23	73,31	73,26
Выход грудных мышц, %	22,1±0,8	24,3±0,7*	24,8±0,6**	23,9±0,7*
Масса костяка, %	14,2±0,5	15,0±0,4*	15,4±0,4**	14,8±0,5*
Толщина кости голени, мм	3,2±0,1	3,5±0,1*	3,6±0,1**	3,4±0,1*

Примечания: * – различия достоверны при $p < 0,05$; ** – при $p < 0,01$ по сравнению с контролем.

Из таблицы 4 видно, что убойный выход хоть и незначительно, но отличался в пользу цыплят из 2-й опытной группы. При этом от бройлеров всех опытных групп было получено максимальное количество мяса, по сравнению с птицей группы контроля. Цыплята, получавшие хелатные формы микроэлементов, имели лучшее развитие грудных мышц и более прочный костяк. Выход мяса в опытных группах был на 8,1-12,2% больше, чем у птиц контрольной группы. Масса костяка опытных птиц была на 4,2-8,5% больше, чем масса костяка у бройлеров из группы контроля. Это же подтверждено изучением линейных размеров кости голени, которая в опытных группах была на 6,3-12,5% мощнее, чем у бройлеров, потреблявших стандартный рацион.

Полученные данные свидетельствуют о комплексном положительном влиянии органических форм микроэлементов как на продуктивные качества, так и на структурно-функциональное состояние организма птицы. Наибольшая эффективность отмечена при использовании повышенных дозировок хелатных соединений (опытная группа 2), что подтверждает перспективность данного направления по оптимизации минерального питания цыплят-бройлеров.

На основании проведенных исследований разработаны и научно обоснованные рекомендации по оптимизации минерального питания, определены экономически эффективные нормы ввода микроэлементов в рационы птицы, установлены критерии оценки эффективности разных форм минеральных добавок и предложены схемы коррекции рационов в зависимости от технологических условий содержания. Реализация данной разработки в промышленных условиях позволяет повысить рентабельность производства на 12-15%, улучшить качество конечной продукции, снизить экологическую нагрузку за счет уменьшения выведения неизрасходованных минералов, повысить устойчивость птицы к стресс-факторам.

Заключение. Проведенные исследования убедительно доказали, что использование органических (хелатных) форм микроэлементов в рационах цыплят-бройлеров обеспечивает комплексное положительное воздействие на метаболизм птицы. В сравнении с традиционными неорганическими соединениями, хелатные формы демонстрируют: увеличение живой массы на 4,9-8,4%, улучшение конверсии корма на 5,8-8,1%, повышение биодоступности минеральных веществ на 20-30%. Эти эффекты обусловлены лучшей усвояемостью органических соединений в кишечнике и их более активным участием в метаболических процессах. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что максимальный продуктивный эффект достигается при: комбинированном использовании органических (70%) и неорганических (30%) форм микроэлементов; повышении стандартных дозировок на 15-20% для цинка, меди и марганца. Таким образом, включение хелатных микроэлементов в рацион вызывает ряд положительных физиологических изменений: увеличение уровня гемоглобина на 14,3-17,3%, активности щелочной фосфатазы – на 10,7-25,0%, усиление белкового синтеза крови на 10,7-25,0%, повышение минерализации костной ткани на 3,6-10,7% и усиление антиоксидантной защиты организма.

Считаем, что перспективными направлениями дальнейших исследований являются: изучение новых хелатных соединений с улучшенными свойствами, разработка индивидуальных программ минерального питания для разных кроссов, исследование влияния микроэлементов на микробиоту кишечника, оптимизация минерального состава кормов с учетом региональных особенностей. Таким образом, проведенная работа вносит существенный вклад в развитие научных основ кормления сельскохозяйственной птицы и открывает новые возможности для повышения жизнеспособности различных видов сельскохозяйственных птиц и высокой рентабельности отрасли.

Conclusion. The conducted studies have convincingly proven that the use of organic (chelated) forms of microelements in broiler chicken diets provides a complex positive effect on the metabolism of poultry. In comparison with traditional inorganic compounds, chelated forms demonstrate: increase in live weight by 4.9-8.4%, improvement in feed conversion by 5.8-8.1%, increase in the bioavailability of minerals by 20-30%. These effects are due to better digestibility of organic compounds in the intestine and their more active participation in metabolic processes. The obtained experimental data indicate that the maximum productive effect is achieved with: combined use of organic (70%) and inorganic (30%) forms of microelements; increasing standard dosages by 15-20% for zinc, copper and manganese. Thus, the inclusion of chelated trace elements in the diet causes a number of positive physiological changes such as: an increase in hemoglobin level – by 14.3-17.3%, an increase in alkaline phosphatase activity – by 10.7-25.0%, an increase in blood protein synthesis – by 10.7-25.0%, an increase in bone mineralization – by 3.6-10.7%, as well as an increase in the body antioxidant defense.

We consider that promising areas for further research include the study of new chelated compounds with improved properties, the development of individual mineral nutrition programs for different crosses, the study of the effect of trace elements on the intestinal microbiota, and the optimization of the mineral composition of feeds, taking into account regional characteristics. Thus, the work carried out significantly contributes to the development of the scientific foundations of poultry feeding and opens up new opportunities to increase the viability of various types of farm birds and the high profitability of the industry.

Материалы подготовлены в рамках гранта «Здоровье и продуктивное долголетие кур-несушек промышленных кроссов: молекулярно-генетические и иммунологические аспекты» № 22-16-00009 от 16.05.2022 г. (Продление с 2025 по 2026).

Список литературы.

1. Голушко, В.М. Сравнительный анализ применения биологически активных препаратов и их влияние на качество животноводческой продукции / В. М. Голушко, Е. А. Капитонова // Ученые Записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2008. – Т. 44, вып. 2, ч. 1. – С. 174–177.
2. Методические рекомендации по применению основ технологии кормления яичных кур, обеспечивающей высокий процент реализации их генетического потенциала продуктивности / И. И. Кочиш, П. Ф. Сурай, М. Н. Романов [и др.]. – Москва : Сельскохозяйственные технологии, 2019. – 72 с.
3. Подобед, Л. И. Особенности кормления сельскохозяйственных птиц : монография / Л. И. Подобед, И. В. Брыло, Е. А. Капитонова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2023. – 339 с.
4. Производственные риски в промышленном птицеводстве и минимизация потерь: монография / Т.М. Околелова, С. В. Енгашев, Е. С. Енгашева [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2024. – 104 с.
5. Технология производства и переработки продукции животноводства: учебное пособие / М. Б. Улимбашев, В. В. Голембовский, Е. А. Капитонова [и др.]. ; ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ». – Ставрополь : Ставрополь-Сервис-Школа, 2024. – 207 с.
6. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et al] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 16. – С. 11A–16 E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.
7. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / A. Kapitonova, M. Saginbayeva, K. Bayazitova [et al] // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 21, № 3. – P. 213–220. – DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220.
8. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y.E. Kuznetsov, I.N. Nikonov, E.A. Kapitonova [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 15. – С. 11A–15S. – DOI:10.14456 / ITJEMAST.2020.307.
9. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 15. – С. 11A–15 U. – DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.
10. Results of hypoporiasis prevention in farm birds / E. Kapitonova. I. Kochish. E. Vlasenko [et al] // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Adiculture in the Far East : Web of Conferences International Scientific Conference. – 2023. – Vol. 371. – P. 01078. – DOI.org/10.1051/e3sconf/202337101078/.

References.

1. Golushko, V.M. Sravnitelnyj analiz primeneniya biologicheskii aktivnyh preparatov i ih vliyanie na kachestvo zhivotnovodcheskoj produkcii / V. M. Golushko, E. A. Kapitonova // Uchenye Zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya «Vitebskaya ordena «Znak Pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny». – 2008. – Т. 44, вып. 2, ch. 1. – С. 174–177.
2. Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu osnov tehnologii kormleniya yaichnyh kur, obespechivayushej vysokij procent realizacii ih geneticheskogo potenciala produktivnosti / I. I. Kochish, P. F. Suraj, M. N. Romanov [i dr.]. – Moskva : Selskohozyajstvennye tehnologii, 2019. – 72 s.
3. Podobed, L. I. Osobennosti kormleniya selskohozyajstvennyh ptic : monografiya / L. I. Podobed, I. V. Brylo, E. A. Kapitonova. – Minsk : IVC Minfina, 2023. – 339 s.
4. Proizvodstvennye riski v promyshlennom pticevodstve i minimizaciya poter: monografiya / T.M. Okolelova, S. V. Engashev, E. S. Engasheva [i dr.]. – Minsk : IVC Minfina, 2024. – 104 s.
5. Tehnologiya proizvodstva i pererabotki produkcii zhivotnovodstva: uchebnoe posobie / M. B. Ulimbashev, V. V. Golembovskij, E. A. Kapitonova [i dr.]. ; FGBNU «Severo-Kavkazskij FNAC». – Stavropol : Stavropol-Servis-Shkola, 2024. – 207 s.
6. A feed additive based on lactobacilli with activity against campylobacter for meat-breeding chickens parent flock / A. B. Balykina, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et al] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 16. – С. 11A–16 E. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.314.
7. Obtaining Organic Poultry Breeding Products in Prevention of Micotoxicosis / A. Kapitonova, M. Saginbayeva, K. Bayazitova [et al] // OnLine Journal of Biological Sciences. – 2021. – Vol. 21, № 3. – P. 213–220. – DOI: 10.3844/ojbsci.2021.213.220.
8. Evaluation lactic acid bacteria autostrains with anti-campylobacter jejuni activity on broiler chickens productivity / Y.E. Kuznetsov, I.N. Nikonov, E.A. Kapitonova [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 15. – С. 11A–15S. – DOI:10.14456 / ITJEMAST.2020.307.
9. Results of using tripoli on zoohygienic indicators in the raising a parent herd of meat breed chickens / I. I. Kochish, E. A. Kapitonova, I. N. Nikonov [et. al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. – 2020. – Т. 11, № 15. – С. 11A–15 U. – DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.309.
10. Results of hypoporiasis prevention in farm birds / E. Kapitonova. I. Kochish. E. Vlasenko [et al] // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Adiculture in the Far East : Web of Conferences International Scientific Conference. – 2023. – Vol. 371. – P. 01078. – DOI.org/10.1051/e3sconf/202337101078/.

Поступила в редакцию 16.06.2025.

РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ, ПЕРЕВАРИМОСТЬ КОРМА И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У КОРОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН КОНЦЕНТРАТА КОРМОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО «ЭНЕРГОПАК»

Маркевич А.В., Карпеня М.М. ORCID ID 0000-0002-4762-676X

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

*В результате проведенного физиологического опыта установлено, что применение концентрата кормового энергетического «Энергопак» в рационах коров с хронической фистулой рубца в количестве 750 г на голову в сутки способствует повышению количества летучих жирных кислот в рубце на 20,8%, переваримости сухого вещества рациона на 6,48 п.п., органического вещества – на 1,19, БЭВ – на 10,05, жира – на 5,73, протеина – на 4,42 и клетчатки – на 5,89, усвоения азота – на 5,2 п.п., увеличению в крови гемоглобина на 7,2%, эритроцитов – на 4,5 и общего белка – на 16,8%. **Ключевые слова:** концентрат кормовой энергетической, переваримость, рубец, питательные вещества корма, баланс азота, гематологические показатели.*

RUMENAL DIGESTION, FEED DIGESTIBILITY AND HEMATOLOGICAL PARAMETERS IN COWS WITH THE INCLUSION OF THE FEED ENERGY CONCENTRATE “ENERGOPAC” INTO THE DIET

Markevich A.V., Karpenia M.M.

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

*As a result of the physiological experiment, it was found that the use of feed energy concentrate "Energopac" in the diets of cows with chronic scar fistula in an amount of 750 g per head per day contributes to an increase in the amount of volatile fatty acids in the rumen by 20.8%, digestibility of the dry matter of the diet by 6.48 percentage points, organic matter – by 1.19, NFE – by 10.05, fat – by 5.73, protein – by 4.42 and fiber – by 5.89, nitrogen absorption – by 5.2 percentage points, an increase in blood hemoglobin by 7.2%, red blood cells – by 4.5 and total protein – by 16.8%. **Keywords:** feed energy concentrate, digestibility, rumen, feed nutrients, nitrogen balance, hematological parameters.*

Введение. Повышение молочной продуктивности животных напрямую зависит от нормально-го течения физиологических процессов в организме, основная роль среди которых принадлежит пищеварению. Пищеварительная система наиболее динамична и изменчива в организме жвачных животных, имеет достаточно разнообразный диапазон приспособительных изменений. В первую очередь связано это с неравномерным поступлением корма, а также с различным качественным и количественным набором в нем питательных веществ. Все основные процессы бактериальной ферментации питательных веществ рациона животных проходят в рубце. Исследования последних лет показывают, что в нем переваривается около 70% сухого вещества рациона, причем данный процесс происходит без участия пищеварительных ферментов. Переваривание корма происходит благодаря наличию в содержимом рубца многочисленной микрофлоры (бактерий, инфузорий и грибов). Главную биологическую роль в рубцовом пищеварении играют инфузории. Подвергая корм механической обработке, они используют для своего питания клетчатку, тем самым разрушают его и делают доступным для бактериальных ферментов. Также потребляя белки, сахара и крахмал, инфузории накапливают в своем теле полисахариды, а белок их тела является наиболее полноценным и используется организмом животного. За счет микробиального белка жвачные животные могут в значительной степени обеспечивать свою потребность в протеине [3, 4, 5].

Микробный синтез в рубце определяется в основном доступностью энергии и азота корма, поэтому микроорганизмы, которые в процессе своей жизнедеятельности активно используют аммонийный азот, нуждаются в достаточном количестве энергии представленной легкодоступными углеводами или органо-химических средств (глицерин, пропиленгликоль, пропионат и другие) [1, 6, 7]. В настоящее время для оптимизации рационов жвачных животных и создания оптимальной среды в рубце для жизнедеятельности микроорганизмов и переваривания кормовых компонентов рациона применяют кормовые добавки с различными биологическими свойствами, такие, как эрготропики, грибковые культуры, органо-химические средства (пропиленгликоль, глицерин), модификаторы, антиоксиданты, ферменты, фитобиотики и др. [2, 8, 9].

Цель работы – определить влияние концентрата кормового энергетического «Энергопак» на рубцовое пищеварение, переваримость корма и гематологические показатели коров.

Материалы и методы исследований. Для решения поставленной цели был проведен физиологический опыт на лактирующих коровах с хронической фистулой рубца в научно-практическом центре частного научно-исследовательского унитарного предприятия «Алникор». В опыте по прин-

ципу пар-аналогов сформировали 3 группы коров (контрольная и две опытные) по 3 головы в каждой с учетом генотипа, возраста, живой массы (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Количество животных в группе (n)	Продолжительность опыта, дней	Особенности кормления
1-я контрольная	3	7	Основной рацион (ОР): сенаж бобово-злаковый, силос кукурузный, солома, плющенная кукуруза, комбикорм КК – 61С
2-я опытная	3		ОР + 300 г концентрата кормового энергетического «Энергопак» на голову в сутки
3-я опытная	3		ОР + 750 г концентрата кормового энергетического «Энергопак» на голову в сутки

Рацион лактирующих коров установлен по фактически съеденным кормам в среднем за период опыта. Различия в кормлении лактирующих коров заключались в том, что животные 2-й и 3-й опытных групп в составе рациона получали концентрат кормовой энергетической «Энергопак» в количестве соответственно 300 и 750 г на голову в сутки.

Концентрат кормовой энергетической «Энергопак» разработан в частном производственном унитарном предприятии «СВС Компани» совместно со специалистами частного научно-исследовательского унитарного предприятия «Алникор» и производится в соответствии с техническими условиями ТУ ВУ 59151140.010-2023. Он представляет собой однородную жидкость, в состав которой входят действующие вещества: глицерин, пропиленгликоль, таурин, L-карнитин, витамин В3 (никотинамид); вспомогательные вещества: декстроза (глюкоза), консервант (пропионовая кислота), ароматизатор, вода. Физико-химический состав концентрата кормового энергетического «Энергопак» приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химический состав концентрата кормового энергетического «Энергопак»

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя
Содержание глицерина, мг/кг	522000-784000
Содержание пропиленгликоля, мг/кг	96000-144000
Содержание витамина В3 (никотинамида), мг/кг	2080-3860
Содержание таурина, мг/кг	63-117
Содержание L – карнитина, мг/кг	630-1170
Содержание растворимых углеводов, %	5,8-1,6

При проведении физиологического опыта отбор проб выделений (кала и мочи) для лабораторных исследований осуществляли по методике ВИЖ. Для контроля за процессами пищеварения в преджелудках проведен анализ содержимого рубца. Пробы были отобраны у подопытных коров спустя 2,5-3,0 часа после утреннего кормления через фистулы, установленные в рубце. В отобранных пробах (профильтрованных через 4 слоя марли) определили общий азот – методом Кьельдаля, аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея, общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгамма. Исследования проводились в лаборатории технологии кормопроизводства и биохимических анализов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». Исследования крови проводили в медицинской диагностической лаборатории ИУП «Синлаб-ЕМЛ». Кровь брали с соблюдением правил асептики и антисептики через 2,5–3,0 ч после утреннего кормления у трех коров из каждой группы.

Результаты исследований. Анализ полученных в ходе эксперимента показателей рубцового пищеварения показал, что в рубцовой жидкости коров 3-й и 2-й опытных групп произошло достоверное снижение рН соответственно на 0,31 и 0,25 ед. ($P < 0,05$) в сравнении с коровами 1-й контрольной группы (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели рубцового пищеварения (n=3)

Показатели	Группы		
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
ЛЖК, ммоль/л	10,1±2,09	10,8±1,76	11,4±2,46
рН	6,46±0,06	6,21±0,10*	6,15±0,13*
Азот, %	0,124±0,01	0,139±0,02	0,154±0,01*
Аммиак, мг %	15,65±2,53	12,97±3,49	12,32±2,94

При этом у животных 3-й опытной группы отмечено увеличения количества летучих жирных кислот на 20,8%, у животных 2-й опытной группы – на 6,9%, чем аналогов 1-й контрольной группы, что свидетельствует об увеличении гидролиза углеводов кормов из основного рациона и поступивших дополнительно легкодоступных углеводов в составе концентрата кормового энергетического «Энергопак». У коров 3-й и 2-й опытных групп произошло увеличение в содержимом рубца азота соответственно на 0,030 ($P<0,05$) и 0,015 п.п. и снижение уровня аммиака на 21,3 и 17,1% по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы, что свидетельствует об увеличении количества микроорганизмов, использующих азот для синтеза белка.

Исходя из полученных данных о потреблении кормов рациона и выделении продуктов обмена, были рассчитаны коэффициенты переваримости питательных веществ (таблица 4).

Таблица 4 – Переваримость питательных веществ рациона, % (n=3)

Показатели	Группа		
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Сухое вещество	60,10±2,01	64,79±2,22	66,58±1,12**
Органическое вещество	75,51±1,20	76,84±1,50	76,70±0,55
БЭВ	63,97±2,11	68,29±1,57	71,02±1,63**
Жир	66,51±3,42	68,90±2,36	72,24±3,27
Протеин	67,30±1,68	69,91±2,08	71,72±1,40*
Клетчатка	55,93±2,93	59,08±1,28	61,82±1,33

Переваримость всех питательных веществ, поступивших в организм подопытных животных из рациона, была выше у коров опытных групп по сравнению с контрольной. Так, у коров 3-й опытной группы переваримость сухого вещества была выше на 6,48 п.п. ($P<0,01$), органического вещества – на 1,19, БЭВ – на 10,05 ($P<0,001$), жира – на 5,73, протеина – на 4,42 и клетчатки – на 5,89 п.п. ($P<0,05$) по сравнению с животными 1-й контрольной группы. Коэффициенты переваримости коров 2-й опытной группы также превышали аналогов 1-й контрольной группы по сухому веществу на 4,69 п.п., органическому веществу – на 1,33, БЭВ – на 7,32, жиру – на 2,39, протеину – на 2,61 и по клетчатке – на 3,15 п.п. Следовательно, из полученных результатов мы видим, что дополнительное применение в рационах коров концентрата кормового энергетического «Энергопак» способствует активизации рубцового пищеварения и переваримости питательных веществ рациона.

Поскольку организация правильного кормления высокопродуктивных коров является наиболее важной проблемой, одним из показателей, характеризующих сбалансированность рациона по протеину и обменной энергии, является баланс азота в рубце. У всех групп животных во время опыта среднесуточный баланс азота был положительным, о чем свидетельствует использование азота микроорганизмами рубца (таблица 5).

Таблица 5 – Среднесуточный баланс и использование азота (n=3)

Показатели	Группа		
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Принято с кормом, г	138,4±1,64	138,4±1,75	138,4±1,67
Выделено с калом, г	51,5±1,66	48,7±2,02	46,9±1,36
Усвоено, г	86,9±1,24	89,7±1,39	91,5±1,40*
Выделено с мочой, г	46,2±1,28	45,4±1,56	43,9±1,17
Отложено в теле, г	40,7±1,70	44,3±1,17	47,6±1,29**
Использовано от принятого, %	29,4	32,0	34,4
Использовано от усвоенного, %	46,8	49,4	52,0

Поступление азота в организм животных всех групп было одинаковым. Коровы 3-й опытной группы выделяли азота с калом меньше на 4,6 г, или на 8,9% ($P<0,05$), коровы 2-й опытной группы – на 2,8 г, или на 5,4%, по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы, что, на наш взгляд, свидетельствует о более полноценном использовании азота микроорганизмами рубца. Благодаря этому увеличилось его усвоение коровами 3-й опытной группы на 4,6 г, или на 5,3% ($P<0,05$), животными 2-й опытной группы – на 2,8 г, или на 3,2%, чем у коров контрольной группы. Выделение азота с мочой у коров 3-й и 2-й опытных групп было меньше по сравнению с аналогами контрольной группы соответственно на 5,0 и 1,7%. В результате, в теле коров 3-й и 2-й опытных групп отложено азота больше в сравнении с животными 1-й контрольной группы, соответственно, на 6,9 г, или на 16,9% ($P<0,001$), и на 3,6 г, или на 8,8%. Необходимо также отметить, что использовано азота от принятого у коров 3-й опытной группы было выше на 5,0 п.п., у коров 2-й опытной группы – на 2,6 п.п., чем у аналогов 1-й контрольной группы. Использование организмом животных азота от количества усво-

енного в 3-й опытной группе было выше на 5,2 п.п., у коров 2-й опытной группы – на 2,6 п.п. по отношению к аналогам 1-й контрольной группы. Полученные данные среднесуточного баланса азота свидетельствуют о большем его отложении в теле у коров опытных групп, которые дополнительно получали концентрат кормовой энергетической «Энергопак», что повлекло усиление обменных процессов в организме животных опытных групп и лучшему усвоению белка из корма по сравнению с аналогами контрольной группы.

Для общей оценки состояния здоровья животных и развития их организма был проведен анализ гематологических показателей (таблица 6).

Таблица 6 – Гематологические показатели (n=3)

Показатели	Группа		
	1-я контрольная	2-я опытная	3-я опытная
Гемоглобин, г/л	97,0±5,57	99,0±4,93	104,0±6,81
Эритроциты, 10 ¹² /л	6,6±0,10	6,7±0,10	6,9±0,12*
Лейкоциты, 10 ⁹ /л	9,0±1,53	7,6±0,36	8,1±0,22
Общий белок, г/л	73,2±2,04	76,1±3,02	78,5±2,32
Альбумины, г/л	34,5±1,16	36,3±1,74	37,9±1,20*

Так, у коров 3-й опытной группы уровень гемоглобина был выше на 7 г/л, или на 7,2%, у животных 2-й опытной группы – на 2 г/л, или 2,0%, по сравнению с аналогами 1-й контрольной группы. Содержание эритроцитов в крови животных 3-й опытной группы было больше на 4,5% (P<0,05), у коров 2-й опытной группы – на 1,5%, чем у сверстниц 1-й контрольной группы. Количество лейкоцитов у коров 3-й опытной группы снизилось по сравнению с животными 1-й контрольной группы на 10,0%, но было несколько выше, чем у коров 2-й опытной группы. Концентрация общего белка в сыворотке коров 3-й опытной группы была выше на 11,3 г/л, или 16,8% (P<0,001), у животных 2-й опытной группы – на 6,9 г/л, или на 10,3%, чем у аналогов 1-й контрольной группы. Отмечается большее содержание альбуминов в сыворотке крови у коров 3-й и 2-й опытных групп, соответственно, на 9,8 и 5,2% в сравнении контролем.

Заключение. 1. Установлено, что включение в состав рациона коров концентрата кормового энергетического «Энергопак» в количестве 750 г на голову в сутки способствует увеличению количества летучих жирных кислот в рубце на 20,8%, переваримости сухого вещества – на 6,48 п.п. (P<0,01), органического вещества – на 1,19, БЭВ – на 10,05 (P<0,001), жира – на 5,73, протеина – на 4,42, клетчатки – на 5,89 п.п. (P<0,05), отложению в теле азота – на 16,9% (P<0,001). 2. Использование в рационе коров концентрата кормового энергетического «Энергопак» позволяет улучшить гематологические показатели, на что указывает увеличение в крови гемоглобина на 7,2%, эритроцитов – на 4,5 (P<0,05) и общего белка – на 16,8% (P<0,001).

Conclusion. 1. It was found that the inclusion of “Energopac” feed energy concentrate in the diet of cows in the amount of 750 g per head per day contributes to an increase in the amount of volatile fatty acids in the rumen by 20.8%, and the digestibility of dry matter by 6.48 percentage points. (P<0.01), organic matter– by 1.19, NFE – by 10.05 (P<0.001), fat – by 5.73, protein – by 4.42, fiber – by 5.89 pp (P<0.05), nitrogen deposition – by 16.9% (P<0.001). 2. The use of “Energopac” feed energy concentrate in the diet of cows improves hematological parameters, as indicated by an increase in hemoglobin in the blood by 7.2%, erythrocytes – by 4.5 (P<0.05) and total protein – by 16.8% (P<0.001).

Список литературы.

1. Боголюбова, Н. В. Способ регуляции рубцового пищеварения у молочных коров / Н. В. Боголюбова, В. В. Зайцев, С. А. Шаламова // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2019. – № 4(36). – С. 118–122.
2. Влияние биологически активных добавок на регуляцию рубцового пищеварения и микробиоценоз лактирующих коров / В. В. Зайцев, М. С. Сеитов, Л. М. Зайцева [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 3(95). – С. 236–240.
3. Кормление сельскохозяйственных животных : учебное пособие / В. К. Пестис, Н. А. Шарейко, Н. П. Разумовский [и др.]. – Минск : РИПО, 2024. – 317 с.
4. Мирошникова, М. С. Микробиоценоз рубца – инструмент к построению искусственных биосистем. Биореактор на основе рубца / М. С. Мирошникова, А. Е. Аринжанов // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. – Т. 104, № 3. – С. 57–69.
5. Полноценное кормление, коррекция нарушений обмена веществ и функций воспроизводства у высокопродуктивных коров : монография / Н. И. Гавриченко, В. С. Прудников, Р. Г. Кузьмич [и др.] ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2019. – 252 с.
6. Чёрная, Л. В. Особенности пищеварения у жвачных животных / Л. В. Чёрная // Научное обозрение. Биологические науки. – 2017. – № 2. – С. 153–156.
7. Aschenbach, J. R. Symposium review: the importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow / J. R. Aschenbach, Q. Zebeli, A. K. Patra // J. Dairy Sci. – 2019. – Vol. 102. – P. 1866–1882.

8. Kong, Y. *Composition, spatial distribution, and diversity of the bacterial communities in the rumen of cows fed different forages* / Y. Kong, R. Teather, R. Forster // *FEMS Microbiol Ecol.* – 2010. – Vol. 74(3). – P. 612–622.
9. *Review: enhancing gastrointestinal health in dairy cows* / J. Plaizier, M. Mesgaran, H. Derakhshani, H. Golder [et al.] // *Animal.* – 2018. – Vol. 12. P. 399–418.

References.

1. Bogolyubova, N. V. *Sposob regulyatsii rubcovogo pishevareniya u molochnyh korov* / N. V. Bogolyubova, V. V. Zajcev, S. A. Shalamova // *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mehanizatsii zhivotnovodstva.* – 2019. – № 4(36). – S. 118–122.
2. *Vliyanie biologicheski aktivnyh dobavok na regulyatsiyu rubcovogo pishevareniya i mikrobiocenoz laktiruyushih korov* / V. V. Zajcev, M. S. Seitov, L. M. Zajceva [i dr.] // *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* – 2022. – № 3(95). – S. 236–240.
3. *Kormlenie sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh : uchebnoe posobie* / V. K. Pestis, N. A. Sharejko, N. P. Razumovskij [i dr.]. – Minsk : RIPO, 2024. – 317 s.
4. Miroshnikova, M. S. *Mikrobiocenoz rubca – instrument k postroeniyu iskusstvennyh biosi-stem. Bioreaktor na osnove rubca* / M. S. Miroshnikova, A. E. Arinzhanov // *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo.* – 2021. – Т. 104, № 3. – S. 57–69.
5. *Polnocennoe kormlenie, korrekciya narushenij obmena veshestv i funktsij vosproizvodstva u vysokoproduktivnyh korov : monografiya* / N. I. Gavrichenko, V. S. Prudnikov, R. G. Kuzmich [i dr.]; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2019. – 252 s.
6. Chyornaya, L. V. *Osobennosti pishevareniya u zhvachnyh zhivotnyh* / L. V. Chyornaya // *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki.* – 2017. – № 2. – S. 153–156.
7. Aschenbach, J. R. *Symposium review: the importance of the ruminal epithelial barrier for a healthy and productive cow* / J. R. Aschenbach, Q. Zebeli, A. K. Patra // *J. Dairy Sci.* – 2019. – Vol. 102. – P. 1866–1882.
8. Kong, Y. *Composition, spatial distribution, and diversity of the bacterial communities in the rumen of cows fed different forages* / Y. Kong, R. Teather, R. Forster // *FEMS Microbiol Ecol.* – 2010. – Vol. 74(3). – P. 612–622.
9. *Review: enhancing gastrointestinal health in dairy cows* / J. Plaizier, M. Mesgaran, H. Derakhshani, H. Golder [et al.] // *Animal.* – 2018. – Vol. 12. P. 399–418.

Поступила в редакцию 09.09.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-60-64
УДК 635.5

ПРИМЕНЕНИЕ В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Шульга Л.В., Медведева К.Л., Горячева Д.Ю., Лобановская С.А., Шаура Т.А.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,
г. Витебск, Республика Беларусь

Одним из способов повышения продуктивности и сохранности цыплят-бройлеров при выращивании на мясо является включение в рацион птицы биологически активных добавок. При проведении исследований установлено, что использование кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс» в период выращивания цыплят-бройлеров для производства мяса способствует увеличению их живой массы в убойном возрасте на 3,8%, сохранности поголовья – до 94,15%, выхода грудки и окорочка до 42,3% и 30,2% соответственно. **Ключевые слова:** цыплята-бройлеры, кормовая добавка, живая масса, сохранность, выход тушки.

THE USE OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES IN THE FEEDING OF BROILER CHICKENS

Shulga L.V., Medvedeva K.L., Goryacheva D.Y., Lobanovskaya S.A., Shaura T.A.
Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, Vitebsk, Republic of Belarus

One of the ways to increase the productivity and safety rate of broiler chickens when reared for meat is to include biologically active additives in the poultry diet. The research shows that the use of the feed additive Agromix-Bio Plus when rearing broiler chickens for meat production contributes to an increase in their live weight at slaughter age by 3.8%, livestock safety – up to 94.15%, the output of chicken breast and leg quarter up to 42.3% and 30.2%, respectively. **Keywords:** broiler chickens, feed additive, live weight, storage capacity, carcass yield.

Введение. Отрасль птицеводства в Республике Беларусь развивается быстрыми темпами, а ее конечные продукты – мясо и яйцо, являются сравнительно недорогими источниками полноценного животного белка в рационе питания человека.

Сегодня птицеводство стабильно покрывает потребности внутреннего рынка высококачественной птицеводческой продукцией, а часть товара поставляет на экспорт.

Флагманом отечественного производства является Республиканское объединение «Белптицепром», в состав которого входит 43 птицеводческие организации, 7 из которых достигли годового производства свыше 3060 т мяса бройлеров, что составляет около 90% от общереспубликанского

показателя. В структуре общего производства мяса птицы 93% удельного веса приходится на мясо цыплят-бройлеров.

Республика Беларусь среди стран СНГ занимает лидирующие позиции по потреблению мяса птицы на душу населения – 34,5 кг, что превышает среднеевропейский показатель на 24 кг [1, 3, 4].

Мясо и мясные продукты занимают значительную долю в структуре расходов при комплектовании потребительской корзины. Акцент на потребление мяса птицы обусловлен его дешевизной и быстрой окупаемостью.

Для увеличения рентабельности бройлерного производства необходимо выращивать птицу высоких кондиционных показателей, что в конечном итоге будет способствовать, при дальнейшей глубокой переработке мяса птицы, получению максимальной прибыли [5].

Применение новых технологических систем, направленных на создание скороспелой птицы, приводит к увеличению нагрузки на организм цыплят-бройлеров. Одним из способов коррекции защитных свойств их организма является разработка эффективных схем применения кормовых добавок, позволяющих обеспечить повышение физиологического и иммунного статуса организма птицы, устранить дефицит аминокислот, витаминов и микроэлементов в рационе, обеспечить повышение усвояемости кормов, стимулировать приросты живой массы птицы. При этом не стоит забывать, что экологическая чистота и безопасность пищевой продукции – определяющие критерии ее качества.

При организации полноценного кормления птицы на основе современных достижений необходимо грамотно определять дозу введения тех или иных препаратов с целью получения максимальной выгоды.

В настоящее время проводится множество исследований применения биологически активных добавок в кормлении цыплят-бройлеров и их влияния на продуктивность и сохранность птицы в условиях промышленного содержания. Ограниченные условия негативно сказываются на организме животных и птицы, что в большинстве своем связано с высокой концентрацией поголовья на 1 м². В результате увеличиваются функциональные нагрузки, нарушается физиологическое состояние организма, снижается резистентность, что в конечном итоге приводит к увеличению выбытия птицы [5, 8, 10].

Мясо птицы, как известно, является источником полноценного животного белка. Оно характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью благодаря значительному содержанию незаменимых аминокислот, их оптимальным соотношением и хорошей перевариваемостью ферментами желудочно-кишечного тракта. Необходимо отметить, что в белках мяса птицы нет аминокислот, лимитирующих их биологическую ценность.

Высокий прирост производства продуктов птицеводства основан как на использовании оптимальных условий содержания птицы, разведении высокопродуктивных кроссов, так и на оптимизации кормления.

В последние годы на рынке представлено множество кормовых добавок для повышения сохранности и увеличения продуктивности птицы [2, 7-10].

Цель работы – определить эффективность введения в рацион кормления цыплят-бройлеров кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс».

Материалы и методы исследований. Объектом исследований являлись цыплята-бройлеры кросса «Росс-308» до периода убоя в возрасте 36 дней. Исследуемая птица выращивалась в бройлерном цехе с использованием клеточного оборудования.

Кормовая добавка «Агромикс-Био Плюс» сбалансирована в доступной форме комбинацией минеральных веществ и незаменимых аминокислот. Она предназначена для обогащения рационов сельскохозяйственных животных и птицы по цинку, метионину и лизину.

Цинк оказывает вяжущее действие, препятствует всасыванию токсинов и выходу жидкости в просвет кишечника. Проходя через желудочно-кишечный тракт, образует соединения, проявляющие антисептические свойства. Цинк входит в состав множества ферментов, укрепляет иммунитет, стимулирует размножение, рост, развитие организма, процессы кроветворения, все виды обменов (белков, жиров и углеводов).

Лизин – незаменимая аминокислота, служит источником энергии, регулирует потребление кормов, принимает участие в обмене белков и углеводов, участвует в производстве антител, гормонов и ферментов, усиливает иммунитет к вирусным инфекциям, стимулирует в организме синтез белка, рост и формирование костей.

Метионин – незаменимая аминокислота, является универсальным источником метильных групп для всех нуклеиновых кислот и играет важную роль в обмене веществ, принимая активное участие в синтезе тканевых белков, витаминов, гормонов и ферментов.

При проведении опыта птице с водой задавали кормовую добавку «Агромикс-Био Плюс» из расчета с 1 по 20-й день выращивания 2 литра на 1000 литров воды, с 20-го дня и до дня убоя – 1 литр на 1000 литров воды.

Исследования проводили по схеме, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта

Группа	Поголовье, гол	Кормление
контрольная	93020	ОР
опытная	93150	ОР + кормовая добавка «Агромикс-Био Плюс»

В процессе проведения опыта цыплята-бройлеры получали одинаковый рацион: с 1-х по 5-е сутки – предстартер, с 6-х по 20-е сутки – стартер, с 21-х по 34-е – гроуэр и с 35-х до убоя – финишер.

Птичники перед началом заселения птицы для проведения исследований были вымыты, продезинфицированы и тщательно просушены. В дальнейшем были обеспечены оптимальные параметры микроклимата, заполнены линии кормления и включены системы поения. Бройлеры выращивались в 4-ярусных клеточных батареях, установленных в шесть рядов по 34 секции в каждом.

За 12 часов до отправки птицы на переработку было прекращено кормление. Выгрузку бройлеров из клеточных батарей осуществляли автоматически при включении в помещении синего света.

За время проведения исследований были изучены следующие показатели: живая масса по периодам выращивания, сохранность птицы и выход ценных частей тушек – грудки и окорока (СТБ 1945-2010 «Мясо птицы. Общие технические условия»).

Результаты исследований. При выращивании животных производитель продукции всегда ориентируется на показатель живой массы – один из основных хозяйственно полезных признаков. Скорость роста и достижение оптимальной живой массы в убойном возрасте свидетельствует о продуктивных качествах птицы.

Для определения средней живой массы исследуемой птицы были отобраны контрольные группы, взвешивание которых осуществляли в возрасте 1 суток, 7-, 14-, 21-, 28-, 35- и 36 дней (возраст убоя). Данные о живой массе бройлеров за период выращивания представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Живая масса цыплят-бройлеров за период выращивания, г

Возраст	Группы	
	контрольная	опытная
1 сутки	46,3±1,1	47,1±1,1
7 дней	175,7±5,3	180,5±6,3
14 дней	488,6±9,1	509,4±10,1
21 день	986,5±18,5	1022,1±16,4
28 дней	1489,5±35,4	1574,8±33,2
35 дней	2156,4±52,9	2210,2±50,4
36 дней (убой)	2191,8±59,1	2275,4±55,2

Анализ полученных данных (таблица 2) свидетельствует о том, что при поступлении цыплят суточного возраста на выращивание принципиальных отличий по живой массе установлено не было.

Введение в рацион бройлеров кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс» способствовало увеличению приростов живой массы цыплят на протяжении всего периода выращивания. На заключительном этапе выращивания в возрасте 36 суток живая масса птицы опытной группы составила 2275 г, что выше показателя сверстников на 3,8%.

При использовании той или иной добавки в кормлении сельскохозяйственной птицы производитель перед собой ставит цель не только увеличить выпуск продукции, но и максимально сохранить поголовье. О влиянии кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс» на резистентность организма цыплят-бройлеров судили по показателю сохранности птицы за весь период исследований (профилактические мероприятия, такие как вакцинация, в контрольной и опытной группах были идентичны).

В исследованиях установлено, что введение кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс» позволило увеличить сохранность птицы опытной группы до 94,15 % (на 0,85 процентных пункта выше значения сверстников контрольной группы).

При проведении убоя и глубокой переработки закрытой партии птицы при разделке тушек бройлеров на мясные полуфабрикаты было установлено, что введение в рацион кормовой добавки

«Агромикс-Био Плюс» позволило в опытной группе увеличить выход грудки и окорочка до 42,3% и 30,2% соответственно, с одновременным снижением выхода частей с меньшим содержанием мышечной ткани, таких как спинка и крыло [7].

Заклучение. Таким образом, проведенные исследования показали, что использование кормовой добавки «Агромикс-Био Плюс», содержащей в доступной форме комплекс незаменимых аминокислот и минеральных веществ, в период выращивания цыплят-бройлеров на мясо способствует увеличению их живой массы в убойном возрасте на 3,8%, показателя сохранности поголовья – до 94,15 %, выхода грудки и окорочка – до 42,3% и 30,2% соответственно.

Conclusion. Thus, the conducted studies have shown that the use of the feed additive Agromix-Bio Plus, which contains in an accessible form a complex of essential amino acids and minerals during the rearing of broiler chickens for meat production, increases their live weight at slaughter age by 3.8%, the livestock safety index to 94.15%, and the yield of breasts and leg quarters up to 42.3% and 30.2%, respectively.

Список литературы.

1. Беларусь лидирует в СНГ по производству мяса на душу населения. – Текст: электронный. – URL: <https://www.belta.by/economics/view/belarus-lidruet-v-sng-po-proizvodstvu-myasa-na-dushu-naseleniya-442397-2021/?ysclid=lf0rr51331879629287> (дата обращения 06.03.2025).

2. Мясная продуктивность бройлеров при использовании в кормлении адсорбентов микотоксинов / Л. В. Шульга, К. Л. Медведева, А. В. Шимаковская [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2022. – № 2 (45). – С. 14–18.

3. Производство сельхозпродукции в Беларуси снизилось? – Текст: электронный. – URL : <https://bobruisk.ru/news/2022/01/20/belstat-proizvodstvo-selhozprodukcii-v-belarusi-snizilos?> (дата обращения 01.03.2025).

4. Статистический сборник. – Текст: электронный. – URL : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaystv/graficheskiy-material-grafiki-diagrammy/pogolove-osnovnykh-vidov-skota-v-selskokhozyaystvennykh-organizatsiyakh/> (дата обращения 06.03.2025).

5. Формирование мясной продуктивности цыплят-бройлеров в зависимости от используемого технологического оборудования / Л. В. Шульга, Г. А. Гайсенюк, А. Ф. Дударева, А. В. Ланцов // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины. – 2016. – Т. 52. – № 2. – С. 156–160.

6. Шляхтунюв, В. И. Определение категорий качества сельскохозяйственных животных и их туш : учебно-методическое пособие для студентов биотехнологического факультета по специальностям: «Зоотехния», «Зоотехния» со специализацией «Технология первичной переработки продукции животноводства», «Ветеринарная санитария и экспертиза» и слушателей ФПК и ПК / В. И. Шляхтунюв, Л. В. Шульга, В. Н. Подрез ; Витебская государственная академия ветеринарной медицины. – Витебск : ВГАВМ, 2015. – 47 с.

7. Шульга, Л. В. Влияние ферментного препарата «Витазим» на анатомический состав тушек цыплят-бройлеров / Л. В. Шульга, С. Г. Лебедев, С. М. Юрашевич // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины. – 2015. – Т. 51, вып. 1. – С. 153–156.

8. Шульга, Л. В. Продуктивные и качественные показатели при производстве полуфабрикатов из мяса цыплят-бройлеров / Л. В. Шульга, Г. А. Гайсенюк // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена «Знак почета» государственная академия ветеринарной медицины. – 2016. – Т. 52, вып. 1. – С. 153–157.

9. Энергия роста цыплят-бройлеров при использовании натуральной кормовой добавки «Альговет» / Н. А. Садомов, Л. В. Шульга, К. Л. Медведева [и др.] // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства : сб. науч. тр. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки : БГСХА, 2021. – № 21-1. – С. 160–166.

10. Биологические добавки и иммуностимуляторы для сельскохозяйственных животных и птиц : монография / Н. А. Садомов, А. П. Дуктов, Л. В. Шульга [и др.]. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2023. – 230 с.

References.

1. Belarus lideret v SNG po proizvodstvu myasa na dushu naseleniya. – Tekst: elektronnyj. – URL: <https://www.belta.by/economics/view/belarus-lidruet-v-sng-po-proizvodstvu-myasa-na-dushu-naseleniya-442397-2021/?ysclid=lf0rr51331879629287> (data obrasheniya 06.03.2025).

2. Myasnaya produktivnost brojlerov pri ispolzovanii v kormlenii adsorbentov mikotoksinov / L. V. Shulga, K. L. Medvedeva, A. V. Shimakovskaya [i dr.] // Zhivotnovodstvo i veterinarnaya medicina. – 2022. – № 2 (45). – S. 14–18.

3. Proizvodstvo selhozprodukcii v Belarusi snizilos? – Tekst: elektronnyj. – URL : <https://bobruisk.ru/news/2022/01/20/belstat-proizvodstvo-selhozprodukcii-v-belarusi-snizilos?> (data obrasheniya 01.03.2025).

4. Statisticheskij sbornik. – Tekst: elektronnyj. – URL : <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaystv/graficheskiy-material-grafiki-diagrammy/pogolove-osnovnykh-vidov-skota-v-selskokhozyaystvennykh-organizatsiyakh/> (data obrasheniya 06.03.2025).

5. Formirovanie myasnoj produktivnosti cyplyat-brojlerov v zavisimosti ot ispolzuemogo tehnologicheskogo oborudovaniya / L. V. Shulga, G. A. Gajsenok, A. F. Dudareva, A. V. Lancov // Uchenye zapiski uchrezhdeniya

obrazovaniya Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 2016. – Т. 52. – № 2. – S.156–160.

6. Shlyahunov, V. I. *Opreделение kategorij kachestva selskohozyajstvennyh zhivotnyh i ih tush : uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov biotehnologicheskogo fakulteta po specialnostyam: «Zootehniya», «Zootehniya» so specializaciej «Tehnologiya pervichnoj pererabotki produkcii zhivotnovodstva», «Veterinarnaya sanitariya i ekspertiza» i slushatelej FPK i PK / V. I. Shlyahunov, L. V. Shulga, V. N. Podrez ; Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – Vitebsk : VGAVM, 2015. – 47 s.*

7. Shulga, L. V. *Vliyanie fermentnogo preparata «Vitazim» na anatomicheskij sostav tushek cyplyat-brojlerov / L. V. Shulga, S. G. Lebedev, S. M. Yurashovich // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 2015. – Т. 51, vyp. 1. – S.153–156.*

8. Shulga, L. V. *Produktivnye i kachestvennye pokazateli pri proizvodstve polufabrikatov iz myasa cyplyat-brojlerov / L. V. Shulga, G. A. Gajsenok // Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena «Znak pocheta» gosudarstvennaya akademiya veterinarnoj mediciny. – 2016. – Т. 52, vyp. 1. – S.153–157.*

9. *Energiya rosta cyplyat-brojlerov pri ispolzovanii naturalnoj kormovoj dobavki «Algo-vet» / N. A. Sodomov, L. V. Shulga, K. L. Medvedeva [i dr.] // Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva : sb. nauch. tr. / Belorusskaya gosudarstvennaya selskohozyajstvennaya akademiya. – Gorki : BGSHA, 2021. – № 21-1. – S. 160–166.*

10. *Biologicheskie dobavki i immunostimulyatory dlya selskohozyajstvennyh zhivotnyh i ptic : monografiya / N. A. Sodomov, A. P. Duktov, L. V. Shulga [i dr.]. – Tyumen: GAU Severnogo Zauralya, 2023. – 230 s.*

Поступила в редакцию 16.06.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-65-70
УДК 615.03:636.084.3

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ.
ВЛИЯНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТВОРА БЕНЗОАТА НАТРИЯ И СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ
НА ЗДОРОВЬЕ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС**

**Акимова М.А. ORCID ID 0000-0001-8643-3613, Акимов Д.Ю. ORCID ID 0000-0003-3141-492X,
Бармина Т.Г. ORCID ID 0000-0002-7807-0768, Веснина Е.В. ORCID ID 0000-0003-4876-1397,
Макарова М.Н. ORCID ID 0000-0002-6905-1485, Петлицкая С.С. ORCID ID 0000-0002-4735-3079,
Бондарева Е.Д. ORCID ID 0000-0002-7170-9717**

АО «НПО «ДОМ ФАРМАЦИИ», Ленинградская обл., Всеволожский район,
г.п. Кузьмоловский, Российская Федерация

*В работе представлена оценка микробиологической чистоты воды в поилках крыс в течение 7 дней с использованием в качестве консерванта 0,01 и 0,005% раствора бензоата натрия и соляной кислоты и без него, а также изучено их влияние на репродуктивные показатели самок, потребление корма и воды, развитие потомства до возраста 6 месяцев, показатели крови и мочи, сердечно-сосудистой системы и результаты вскрытия. Влияния исследуемых растворов на здоровье животных обнаружено не было, что позволяет рекомендовать к применению концентрацию раствора бензоата натрия 0,005% в качестве консерванта для воды. **Ключевые слова:** поение, бензоат натрия, соляная кислота, консервант.*

**ENSURING SAFETY OF WATERING FOR LABORATORY ANIMALS.
THE IMPACT OF POTABLE WATER WITH ADDED SODIUM BENZOATE AND HYDROCHLORIC ACID SOLUTION
ON THE HEALTH OF LABORATORY RATS**

Akimova M.A., Akimov D.Y., Barmina T. G., Vesnina E.V., Makarova M.N., Petlitskaya S.S., Bondareva E.D.

Research and manufacturing company "Home of Pharmacy", Leningrad region, Vsevolozhsky district,
Kuzmolovsky settlement, Russian Federation

*The study presents an assessment of the microbiological purity of water in rat waterers over 7 days, using as preservatives 0.01% and 0.005% solutions of sodium benzoate and hydrochloric acid, and also without any preservatives. It also examines their effects on the reproductive parameters of females, feed and water intake, offspring development up to 6 months of age, blood and urine parameters, cardiovascular system, and necropsy results. No adverse effects of the tested solutions on animal health were found, this allows us to recommend the concentration of 0.005% sodium benzoate solution as a water preservative. **Keywords:** watering, sodium benzoate, hydrochloric acid, preservative.*

Введение. В нормативных документах и современной литературе не приводятся требования к качеству воды для лабораторных животных [1]. Стоит отметить, что в ротовой полости обнаруживается до 774 видов бактерий [2], кроме этого, большинство грызунов являются автокопрофагами, и микроорганизмы с высокой вероятностью будут попадать в ротовую полость животных и оттуда на элементы поилки, откуда они попадут в питьевую воду [3-5].

С целью недопущения ухудшения микробиологических качеств воды используется ее консервирование, которое чаще всего достигается за счет добавления бензоата натрия, $MgCl_2$ или этанола, которые предотвращают рост микроорганизмов [6-8]. Бензоат натрия представляет собой соль бензойной кислоты, хорошо растворимой в воде, не имеющей вкуса и запаха и обладающей противогрибковым и антибактериальным свойствами. Для него характерны отсутствие мутагенности и канцерогенности, низкая острая пероральная токсичность, при этом значения LD_{50} составляет более 2000 мг/кг массы тела. Однако имеются сообщения и о негативном влиянии бензоата натрия. В группах беременных крыс, получавших бензоат натрия в дозе 5600 мг/кг/сут ежедневно, у потомства наблюдалось отставание в росте и развитии [9].

Исходя из вышеизложенного, **целью исследования** стала оценка микробиологической чистоты воды в поилках крыс на протяжении семи дней с использованием раствора бензоата натрия и соляной кислоты и без него, а также определение влияния данных растворов на здоровье животных при поении с момента спаривания до достижения полученным потомством возраста 6 месяцев.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось на базе АО «НПО «ДОМ ФАРМАЦИИ» и одобрено локальной комиссией по биоэтике.

Тестируемый объект: 0,01% и 0,005% раствор бензоата натрия (БН) с добавлением 1М раствора соляной кислоты для доведения pH до 4.

Подготовительный этап (микробиологическое исследование воды)

Было использовано 4 группы самцов крыс Wistar по 5 голов в каждой. Животные содержались индивидуально в стандартных клетках. Группы различались по типу поения, животным предоставлялась: а) питьевая вода; б) питьевая вода и 1М соляная кислота; в) питьевая вода с БН в дозе 100 мг/ли 1М соляной кислотой; г) питьевая вода с БН в дозе 50 мг/ли 1М соляной кислотой.

От каждой группы образцы воды на 1, 3, 5 и 7-е сутки использования поилки были подвергнуты анализу по показателям: общие колиформные бактерии (ОКБ); общее микробное число (ОМЧ); термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ); *Escherichia coli*, согласно стандартным методикам.

Основной этап

Было сформировано 3 группы: группа контроля – предоставлялась чистая питьевая вода; группа 1 – 0,01% раствор БН и соляной кислоты; группа 2 – 0,005% раствор БН и соляной кислоты.

Первоначально в каждой группе были сформированы самцы (n=7) и самки (n=7) в количественном соотношении 1:1 с целью получения приплода. Полученный приплод содержали совместно с самкой до достижения возраста 21-24 дня, после чего из них было сформировано 3 группы потомства по 16 самцов и 16 самок в каждой.

Оценка потребления корма и воды проводилась на основании разницы массы корма / поилки до потребления и спустя 24 часа. В период спаривания и после формирования групп потомства замеры проводились в течение 4 дней.

Оценка развития потомства включала следующие типы исследований: 1) общие наблюдения за физическим развитием потомства; 2) изучение скорости созревания сенсорно-двигательных рефлексов в период вскармливания самкой; 3) изучение двигательного и эмоционального поведения и способности к тонкой координации движений у потомства. Оценка 1-го и 2-го типа исследований проводилась согласно методике, представленной в работе Чернышовой А.В. и др. (2023) [10]. Оценка 3-го типа исследований включала тестирование в установке «Открытое поле»: для детенышей – на 21-24-й день жизни, для половозрелых животных – на 90-й и 180-й дни жизни. Продолжительность теста для каждого животного составляла 3 минуты.

Для оценки репродуктивных показателей самок рассчитывали индекс плодовитости (ИП) и процент смертности (ПС) потомства для каждой группы экспериментальных животных согласно формулам (1) и (2):

$$\text{ИП} = \frac{\text{Число (родивших самок)}}{\text{Общее число самок}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{ПС} = \frac{\text{Число (мертвых детенышей)}}{\text{Число (полученных детенышей)}} \times 100\% \quad (2)$$

На 90 и 180 дни жизни проводили электрокардиографию (ЭКГ), измеряли артериальное давление (АД), регистрировали частоту дыхательных движений (ЧДД). Также в этом же возрасте проводилась оценка суточной мочи, общего и биохимического анализа крови. Процедуру взвешивания животных осуществляли у сформированных групп животных после отсадки их от матерей на 21-24-й день жизни и далее 1 раз в неделю.

Потомство эвтаназировали при помощи диоксида углерода с последующим обескровливанием полостей сердца в возрасте 3 и 6 месяцев. Органы, извлеченные при некропсии, взвешивали, парные органы взвешивали вместе. Данные по массам внутренних органов использовали для расчета массовых коэффициентов – процентного отношения массы органов к массе тела, по формуле (3):

$$\text{мо/мт} \times 100, \quad (3)$$

где мо – масса органа; мт – масса тела животного.

Анализ данных. Данные были проверены на соответствие закону нормального распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. В случае нормального распределения были рассчитаны среднее значение (M), стандартное отклонение (SD), которые вместе со значением n (количество значений в выборке) представлены в итоговых таблицах. Межгрупповые различия были проанализированы параметрическими или непараметрическими методами в зависимости от типа распределения:

- Для оценки данных с признаками нормального распределения использовали однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) и ANOVA с повторными измерениями.

- Зависимые данные предварительно были проверены на сферичность дисперсий с помощью теста Моучли. В случае невыполнения предположения о сферичности дисперсий применяли дисперсионный анализ с эпсилон-корректировкой методом Гейссер-Гринхаус. Последующее межгрупповое сравнение осуществляли с использованием критерия Тьюки.

• Независимые данные были проверены на гомогенность дисперсий с помощью критерия Левене. В случае невыполнения предположения о гомогенности дисперсий был применен дисперсионный анализ с поправкой Велч. Последующее межгрупповое сравнение осуществляли с использованием критерия Тьюки. При необходимости использовали поправку на неодинаковый объем выборок.

• Для данных, не подчиняющихся закону нормального распределения, применяли критерий Краскела-Уоллиса, с последующим множественным сравнением средних рангов (критерий Дана).

Частоту встречаемости показателя оценивали с помощью точного критерия Фишера.

Различия были определены при 0,05 уровне значимости. Статистический анализ выполняли с помощью лицензированного программного обеспечения Statistica 10.0 (StatSoft, США).

Результаты исследований.

Подготовительный этап

Было установлено изменение микробиологических показателей чистоты при эксплуатации поилки на протяжении 7 дней (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели микробиологической чистоты воды в поилках

Группа	Показатель	День использования поилки			
		1	3	5	7
Питьевая вода	ОМЧ (КОЕ/см ³)	191±22	зарост		
	ОКБ в 100 см ³	+			
	ТКБ в 100 см ³	+			
	<i>E. coli</i> в 100 см ³	-			
Питьевая вода и 1М соляная кислота	ОМЧ (КОЕ/см ³)	188±20			
	ОКБ в 100 см ³	+			
	ТКБ в 100 см ³	+			
	<i>E. coli</i> в 100 см ³	-			
Питьевая вода с 0,01% бензоатом натрия и 1М соляной кислоты	ОМЧ (КОЕ/см ³)	0 ^A	1,2±0,6	2,4±1	5,2±2,3
	ОКБ в 100 см ³	-	-	-	-
	ТКБ в 100 см ³	-	-	-	-
	<i>E. coli</i> в 100 см ³	-	-	-	-
Питьевая вода с 0,005% бензоатом натрия и 1М соляной кислоты	ОМЧ (КОЕ/см ³)	0 ^A	1,2±0,6	3±1,3	5,2±2,2
	ОКБ в 100 см ³	-	-	-	-
	ТКБ в 100 см ³	-	-	-	-
	<i>E. coli</i> в 100 см ³	-	-	-	-

Примечания: «+» – обнаружено; «-» – не обнаружено; А – наличие статистической значимости, $p < 0.0001$.

Из таблицы 1 видно, что применение 0,01 и 0,005% раствора БН и 1М соляной кислоты снижало ОМЧ, ОКБ, ТКБ и *Escherichia coli* на протяжении 7 дней, вода отвечала санитарным требованиям, в отличие от других групп.

Основной этап

Оценка потребления корма и воды

Оценку проводили с первого дня спаривания. На протяжении всего периода наблюдения не было отмечено статистически значимых изменений между группами. Только на второй день наблюдалась тенденция к снижению потребления корма в 1 и 2 экспериментальных группах, что может быть вызвано стрессом вследствие привыкания к изменению вкуса воды или установления зоосоциальных связей. Двухфакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями показал отсутствие статистически значимого влияния фактора «группа». Также не было отмечено изменений потребления корма и воды у всех групп потомства.

Репродуктивные показатели самок

Оценка репродуктивных показателей самок представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Репродуктивные показатели самок

Показатель	Контроль	Группа 1	Группа 2
Средний выход потомства на самку (M±SD), голов	7±3	9±7	10±7
Индекс плодовитости, %	57	86	100
Процент смертности потомства, %	6	14	10

Анализ показал отсутствие статистически значимого влияния фактора «группа» на репродуктивные показатели. При анализе данных количества рожденных животных критерием Краскелла-Уоллиса не было найдено статистически значимого влияния фактора «группа».

Оценка развития потомства

Полученные результаты физического развития потомства представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Физическое развитие потомства, М±m

Показатель, дни жизни	День формирования признака		
	Контроль (n = 37)	Группа 1 (n = 54)	Группа 2 (n = 61)
Отлипание ушной раковины	4,4±0,92	4,3±0,83	3,0±0,07 ^A
Появление шерстного покрова	5,3±0,54	4,8±0,39 ^A	4,7±0,48 ^A
Прорезывание резцов	6,0±0,03	5,5±0,56 ^A	5,9±0,72
Открытие глаз	19,0±0,02	17,9±1,44	18,5±0,90
Опускание семенников	20,0±4,48	20,3±2,58	20,9±1,73
Открытие влагалища	36,8±4,79	39,1±3,82	39,3±2,88

Примечания: использовали однофакторный дисперсионный анализ с указанием критерия Фишера. «А» – наличие статистической значимости экспериментальных групп в сравнении с контролем, $p < 0,05$.

Отлипание ушей у животных 2 группы происходит статистически значимо быстрее, чем в контрольной и 1 группах. Появление шерстного покрова у животных 1 и 2 групп наступало статистически значимо быстрее, чем у животных контрольной группы. Прорезывание резцов у животных группы 1 происходило быстрее, чем у детенышей других групп. Развитие сенсорно-двигательных рефлексов в группах происходило примерно в равные сроки, что говорит о том, что применение БН не влияет на показатели развития потомства в период грудного вскармливания.

Изучение двигательного и эмоционального поведения и способности к тонкой координации движений у потомства

Результаты теста «Открытое поле» представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Открытое поле, М±m

Возраст, дней	Группа	n	Пол	Центровых посещений	Посещений квадратов	Пристеночных стоек	Свободных стоек	Случаев аутогуминга	Болюсов урикации	Болюсов дефекации
21	Контроль	32	♂	0,8±0,12	18±1,6	3,3±0,39	0	0,6±0,26	0,7±0,23	0,5±0,24
			♀	1,6±0,47	19±2,6	3,9±0,88	0,3±0,22	0,6±0,18	0,3±0,33	0,3±0,16
	1	32	♂	0,4±0,32	19±1,1	2,4±0,54	0,3±0,12	0,3±0,09	0,1±0,11	0,4±0,15
			♀	0,3±0,11 ^A	16±1,8	4,1±0,59	0	0,4±0,15	0,7±0,34	0,3±0,13
	2	32	♂	0,2±0,13	13±1,6	2,8±0,55	0	0,4±0,21	0,8±0,38	0,3±0,10
			♀	0 ^A	16±2,2	3,6±0,42	0	0,4±0,20	0,7±0,19	0,7±0,31
90	Контроль	16	♂	1±0,62	30±5,4	8,8±1,22	2,8±0,71	2,5±0,53	1,6±0,37	3,9±0,55
			♀	1,4±0,48	33±3,6	8,8±0,74	1,6±1,24	2,8±0,37	1,4±0,15	2,4±0,34
	1	16	♂	3±1,1	30±3,9	7,6±1,50	1,3±0,84	4,6±0,54	1,5±0,43	3,8±1,07
			♀	1,8±0,54	37±5,6	8,9±1,78	1,5±0,8	3,5±1,2	1,3±0,52	1,8±0,46
	2	16	♂	0,3±0,19	25 ±4	10,5±1,33	1,1±0,63	4±1,28	1,5±0,28	2,8±0,72
			♀	2,4±0,88	33±5	10,9±0,43	1,8±0,76	2,8±0,50	1,1±0,72	3,8±0,61
180	Контроль	16	♂	0,8±0,33	19±3,7	9,8±2,08	2,3±0,45	0,5±0,22	0,5±0,16	1,1±0,20
			♀	0,5±0,31	37±1,7	13,9±1,06	1,3±0,49	0,6±0,24	0,8±0,24	1,3±0,34
	1	16	♂	1,1±0,40	25±4,3	7,3±1,09	2,8±0,64	1,1±0,65	0,1±0,14	0,9±0,06
			♀	1,3±0,44	43±1,5	14,1±1,12	1,3±0,48	0,1±0,12	0,5±0,17	1,4±0,21
	2	16	♂	0,5±0,17	18±3,1	5,5±1,31	1,3±0,72	1±0,47	0	0,9±0,07
			♀	0,5±0,18	43±3,3	14±1,05	1,4±0,51	0,9±0,55	0,5±0,23	1,4±0,23

Примечание. А – статистически значимые отличия от контрольной группы (критерий Краскела-Уоллиса, $p < 0,01$).

Из таблицы видно, что на 21 день жизни число центровых посещений у самок 1 и 2 группы статистически значимо снижалось, что могло бы косвенно свидетельствовать о повышенной тревожности животных, однако ни по одному из других показателей статистически значимых отличий выявлено не было, следовательно, можно сделать вывод, что исследуемые растворы не влияли на эмоциональное поведение животных. В возрасте 90 и 180 дней при проведении двухфакторного дисперсионного анализа полученные данные статистически не различались.

Исследования крови

При анализе данных показателей системы гемостаза нами не было обнаружено статистически значимых различий между контрольной и экспериментальными группами, результаты укладывались в референсные интервалы (РИ).

В гематологическом анализе крови наблюдалось статистически значимое снижение уровня эритроцитов и ширины распределения эритроцитов по объему у самцов 2 группы, при этом данное отклонение укладывается во внутрилабораторные нормы, поэтому данными показателями можно пренебречь за отсутствием клинической значимости. При анализе биохимического анализа крови все показатели укладывались в РИ.

Исследования мочи

Показатели общего анализа мочи находились в пределах РИ. Отмечалось статистически значимое повышение уровня мочевины и креатинина в моче только у самок крыс 1 группы по сравнению с остальными группами, при этом данные показатели при анализе крови были в норме, что не подтверждает влияние БН на органы мочевыделительной системы.

Сердечно-сосудистая система

Измерение АД, ЧСС и показателей ЭКГ проводилось под наркозом (ксила 4 мг/кг и золетил 20 мг/кг вводили в/м). В результате анализа полученных данных не было установлено клинически значимого влияния БН на сердечно-сосудистую систему.

Масса тела

У самцов 2 группы масса тела на 3-й, 4-й, 7-й и 10-й неделе жизни статистически значимо превышала показатели контрольной группы (критерий Тьюки, $p < 0,05$). У самцов 1 группы масса тела статистически значимо превышала значения контрольной группы на 7-й и 10-й неделе жизни (критерий Тьюки, $p < 0,05$). У самок таковых особенностей не наблюдалось. С 11 недели жизни и далее динамика роста массы тела во всех группах равномерна. Для крыс характерен большой разброс по массе тела, поскольку данный показатель зависит от множества факторов, например, количество потомства в помете; физиологические параметры самки и др. Поэтому можно сделать вывод, что применение раствора БН и соляной кислоты не влияет на набор массы тела крыс.

Патологоанатомическое исследование

При плановых эвтаназиях значимых изменений установлено не было. Обнаруженные изменения находились в пределах фоновых патологий. Местно-раздражающего действия раствора БН и соляной кислоты на желудочно-кишечный тракт также не установлено. Статистически значимых различий в массовых коэффициентах органов между группами не наблюдалось.

Заключение. Было установлено:

- Уже через сутки использования поилки крысами вода не отвечает требованиям СанПиН 2.1.3684-21, а добавление 0,01% или 0,005% раствора бензоата натрия и 1М соляной кислоты продлевает срок службы воды до 7 дней, а также подавляет рост *Escherichia coli*.

- Раствор бензоата натрия и соляной кислоты не влияет на вкусовые качества воды, потребление корма, общее клиническое состояние, физиологические показатели и фертильность половозрелых крыс, а также на рост и развитие потомства до 6 месяцев.

Исходя из проведенного исследования, можно заключить, что использование раствора бензоата натрия и соляной кислоты в качестве консерванта для воды позволяет продлить срок ее службы без влияния на организм лабораторных крыс и может быть рекомендовано к применению. Поскольку различия между концентрациями растворов бензоата натрия 0,01% и 0,005% отмечено не было, рекомендуемой дозой, используемой для поения животных, можно считать 0,005%.

Conclusion. It was established that:

- Even after one day of use, the water in the rat waterers does not meet the requirements of SanPiN 2.1.3684-21, while the addition of 0.01% or 0.005% sodium benzoate solution and 1M hydrochloric acid extends the shelf life of the water to 7 days and suppresses the growth of *Escherichia coli*;

- The sodium benzoate and hydrochloric acid solution does not affect the taste quality of the water, feed consumption, overall clinical condition, physiological indicators, and fertility of sexually mature rats, as well as the growth and development of offspring up to 6 months.

Based on the findings, it can be concluded that the use of sodium benzoate and hydrochloric acid solution as a preservative for water allows for an extended shelf life without affecting laboratory rats and can be recommended for use. Since no differences were noted between the concentrations of sodium benzoate solutions at 0.01% and 0.005%, the recommended dose for watering animals can be considered 0.005%.

Список литературы.

1. Kurtz, D. M. *The Influence of Feed and Drinking Water on Terrestrial Animal Research and Study Replicability* / D. M. Kurtz, W. P. Feeney // *ILAR Journal*. – 2020. – Vol. 60, № 2. – P. 175–196. – doi.org/10.1093/ilar/ilaa012.
2. *Critters and contamination: Zoonotic protozoans in urban rodents and water quality* / S. Egan, A. D. Barbosa, Y. Feng [et al] // *Water research*. – 2024. – Vol. 251. – P. 121–165. – doi.org/10.1016/j.watres.2024.121165.

3. *Proteomic and microbiota analyses of the oral cavity during psychological stress* / D. Paudel, Y. Kuramitsu, O. Uehara [et al] // *PloS one*. – 2022. – Vol. 17, № 5. – e0268155. – doi.org/10.1371/journal.pone.0268155.
4. *Assessing the oral microbiota of healthy and alcohol-treated rats using whole-genome DNA probes from human bacteria* / Z. Jabbour, C. do Nascimento, B. G. Kotake [et al] // *Archives of oral biology*. – 2013. – Vol. 58 № 3. – P. 317–323. – doi.org/10.1016/j.archoralbio.2012.07.017.
5. *Microbial Ecology along the Gastrointestinal Tract* / E. T. Hillman, H. Lu, T. Yao, C. H. Nakatsu // *Microbes and environments*. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 300–313. – doi.org/10.1264/jsme2.ME17017.
6. *Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review* / L. Qiu, M. Zhang, J. Tang [et al] // *Food research international*. – 2019. – Vol. 116. – P. 90–102. – doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.055.
7. *Concomitant osmotic and chaotropicity-induced stresses in Aspergillus wentii: compatible solutes determine the biotic window* / F. de Lima Alves, A. Stevenson, E. Baxter [et al] // *Current genetics*. – 2015. – Vol. 61, № (3). – P. 457–477. – doi.org/10.1007/s00294-015-0496-8.
8. *Hallsworth, J. E. Water is a preservative of microbes* / J. E. Hallsworth // *Microbial biotechnology*. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 191–214. – doi.org/10.1111/1751-7915.13980.
9. *Taylor, T. M. Food antimicrobials—An introduction. Antimicrobials in food* / T. M. Taylor, P. M. Davidson, J. R. D. David. – CRC Press, 2020. – P. 1–12.
10. Чернышова, А. В. Референтные интервалы в репродуктивной токсичности крыс Вистар / А. В. Чернышова, А. А. Матичин, А. Е. Капельников // *Лабораторные животные для научных исследований*. – 2023. – № 3. – С. 100–107. – doi.org/10.57034/2618723X-2023-03-09.

References.

1. *Kurtz, D. M. The Influence of Feed and Drinking Water on Terrestrial Animal Research and Study Replicability* / D. M. Kurtz, W. P. Feeney // *ILAR journal*. – 2020. – Vol. 60, № 2. – P. 175–196. – doi.org/10.1093/ilar/ila012.
2. *Critters and contamination: Zoonotic protozoans in urban rodents and water quality* / S. Egan, A. D. Barbosa, Y. Feng [et al] // *Water research*. – 2024. – Vol. 251. – P. 121–165. – doi.org/10.1016/j.watres.2024.121165.
3. *Proteomic and microbiota analyses of the oral cavity during psychological stress* / D. Paudel, Y. Kuramitsu, O. Uehara [et al] // *PloS one*. – 2022. – Vol. 17, № 5. – e0268155. – doi.org/10.1371/journal.pone.0268155.
4. *Assessing the oral microbiota of healthy and alcohol-treated rats using whole-genome DNA probes from human bacteria* / Z. Jabbour, C. do Nascimento, B. G. Kotake [et al] // *Archives of oral biology*. – 2013. – Vol. 58 № 3. – P. 317–323. – doi.org/10.1016/j.archoralbio.2012.07.017.
5. *Microbial Ecology along the Gastrointestinal Tract* / E. T. Hillman, H. Lu, T. Yao, C. H. Nakatsu // *Microbes and environments*. – 2017. – Vol. 32, № 4. – P. 300–313. – doi.org/10.1264/jsme2.ME17017.
6. *Innovative technologies for producing and preserving intermediate moisture foods: A review* / L. Qiu, M. Zhang, J. Tang [et al] // *Food research international*. – 2019. – Vol. 116. – P. 90–102. – doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.055.
7. *Concomitant osmotic and chaotropicity-induced stresses in Aspergillus wentii: compatible solutes determine the biotic window* / F. de Lima Alves, A. Stevenson, E. Baxter [et al] // *Current genetics*. – 2015. – Vol. 61, № (3). – P. 457–477. – doi.org/10.1007/s00294-015-0496-8.
8. *Hallsworth, J. E. Water is a preservative of microbes* / J. E. Hallsworth // *Microbial biotechnology*. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 191–214. – doi.org/10.1111/1751-7915.13980.
9. *Taylor, T. M. Food antimicrobials—An introduction. Antimicrobials in food* / T. M. Taylor, P. M. Davidson, J. R. D. David. – CRC Press, 2020. – P. 1–12.
10. *Chernyshova, A. V. Referentnye intervaly v reproductivnoj toksichnosti krys Vistar* / A. V. Chernyshova, A. A. Matichin, A. E. Kapelnikov // *Laboratornye zhivotnye dlya nauchnyh issledovanij*. – 2023. – № 3. – С. 100–107. – doi.org/10.57034/2618723X-2023-03-09.

Поступила в редакцию 06.05.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-70-77
УДК 619

РЕАКЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС НА ФАЛЬСИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ РЫБНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кухаренко Н.С. ORCID ID 0009-0005-5161-8112, Сосновский И.Е. ORCID ID 0009-0007-6625-7625,
Миллер Т.В. ORCID ID 0000-0002-9900-3724, Литвинова З.А.

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет»,
г. Благовещенск, Российская Федерация

В статье приводятся результаты анализа реакции пищеварительной системы лабораторных крыс на скормливание фальсифицированной икры лососевых рыб. Доминирующими признаками при поступлении патогенного фактора в организм крыс через желудочно-кишечный тракт является развитие глубоких дегенеративно-некротических процессов, приводящих к эрозиям и язвам слизистой оболочки желудка, а следом – и пищеварительной трубки, влекущих к нарушениям пищеварения и накоплению вместо необходимых питательных веществ токсических продуктов, вызывающих последовательное нарушение работы всех систем целостного организма. Это позволяет раскрыть причинно-следственную связь отравления и ги-

бели организма в данных условиях. **Ключевые слова:** морфология, пищеварительная система, отравления, фальсифицированная продукция, икра, крысы, семейство лососевых рыб.

REACTION OF THE DIGESTIVE SYSTEM OF LABORATORY RATS TO ADULTERATED FISH PRODUCTION WASTE

Kukhareenko N.S., Sosnovsky I.E., Miller T.V., Litvinova Z.A.
FSBEI HE "Far Eastern State Agrarian University", Blagoveshchensk, Russian Federation

*The article presents the results of an analysis of the reaction of the digestive system of laboratory rats to feeding adulterated salmon roe. The dominant signs when a pathogenic factor enters the rat body through the gastrointestinal tract are the development of deep degenerative-necrotic processes leading to erosions and ulcers of the gastric mucosa and the digestive tube to follow, leading to digestive disorders and the accumulation of toxic products instead of the necessary nutrients, which consistently disrupt the functioning of all systems of the whole organism. This allows us to reveal the cause-and-effect relationship between poisoning and death of the body in these conditions. **Key-words:** morphology, digestive system, poisoning, adulterated products, roe, rats, salmonidae.*

Введение. Отходы рыбного производства широко используются в кормлении животных как кормовые добавки, богатые большим набором макро- и микроэлементов, легко усвояемых животным макроорганизмом. Рыбная продукция осетровых и лососевых рыб, в основном это икра деликатесная, дорогостоящая продукция, которую в настоящее время пытаются фальсифицировать во многих видах. Для этого используют желатин, агар-агар и другие вещества, обладающие способностью желатинизироваться. Кормление животных подобными отходами вызывает кормовое отравление. В работе научно-исследовательской лаборатории судебной ветеринарной экспертизы и патоморфологии за десять лет эти вопросы приходилось решать до 15-20 раз в год. Качество икорной продукции определяли по ГОСТам 31794-2012 «Икра зернистая лососевых рыб. Технические условия»; 7442–2017 «Икра зернистая осетровых рыб. Технические условия».

Цель исследований – изучить реакцию лабораторных крыс на введение в их рацион фальсифицированной красной икры лососевых рыб.

Для решения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Разработать тест-карты, с помощью которых быстро и продуктивно диагностировать отклонения при подозрении на кормовые отравления.
2. Выделить ведущие визуально-морфологические признаки, указывающие на кормовое отравление.

Материалы и методы исследований. Материалом для исследования служили половозрелые белые крысы – самцы и самки возрастом 11-14 месяцев собственного разведения в виварии ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ, которым в рацион вводили фальсифицированную красную икру лососевых рыб из расчета 10,0 (десять) грамм на одно животное один раз в утреннее кормление в течение 20 дней. Крысы содержались в индивидуальных клетках по 6 голов. Разведение, кормление, уход и содержание животных на основании ГОСТа 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур».

Для учета их поведения и визуальных отклонений в органах и тканях животных при жизни и после убоя были разработаны и составлены тест-карты на систему пищеварения, включающие 31 показатель и 149 признаков, характеризующих эти показатели [1, 2, 7, 8]. По истечении 10 дней и завершении опыта (20 дней) крыс умерщвляли с помощью эфира и вскрывали в прозектории университета по методу Шора, изучая и фиксируя все отклонения в органах и тканях в тест-картах [3, 5].

Весовые данные получали на бытовых весах марки МТ 30 МЖА и аналитических весах Ohaus Pioneer. Для получения линейных показателей использовали мерную рулетку и штангенциркуль. Обработку полученного цифрового материала проводили по методике С.Б. Стефанова и Н.С. Кухаренко [10].

Результаты исследований. Для получения начальных фоновых результатов перед опытом, как и в последующем, крыс утром до кормления взвешивали. Результаты сравнивали с показателями подобных лабораторных животных, описанных в литературе (таблица 1).

Таблица 1 – Фоновые весовые показатели крыс, содержащиеся в виварии ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ на начало опыта, грамм (n=60)

Показатели	К.Л. Ковалевский, 1958 [6]	А.Ю. Савельева, 2025 [9]	Количество крыс в опыте	Виварий ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ	+, -, 0
Самцы	400,0-500,0	400,0-650,0	30	221,0-295,0	-179,0-355,0
Самки	250,0-500,0	250,0-450,0	30	158,0-220,0	-92,0-280,0

При анализе результатов таблицы 1 выявили, что лабораторные крысы, разведенные и содержащиеся в виварии университета, намного ниже весовых показателей, представленных в лите-

ратуре. Поэтому при анализе полученных результатов в процессе опыта их показатели мы сравнивали со средними данными фоновых крыс из вивария ФГБОУ ВО Дальневосточного ГАУ.

До начала опыта и ежедневно наблюдали за состоянием животных. Динамику отклонений обобщили и представили на 5, 10, 15 и 20 дни эксперимента. Данные оценивали по 8 показателям и 36 признакам (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика габитуса

Показатели	Признаки	Фон	Дни			
			5	10	15	20
Общая масса	Грамм	221,0	221,0	219,0	209,0	206,0
Упитанность	Хорошая (+)	+	+	+	0	0
	Истощение (-)	0	0	0	–	–
	Ожирение (0)	0	0	0	0	0
Кожа	Без отклонений (+)	+	+	0	0	0
	Эластичная (+)	+	+	0	0	0
	Беловато-розовая (+)	+	+	0	0	0
	Анемия (-)	0	0	0	–	0
	Отеки (-)	0	0	0	–	0
	Гиперемия (-)	0	0	0	0	–
	Кровоизлияние (-)	0	0	0	0	–
	Ровный (+)	+	+	0	0	0
Волос	Хорошо удерживается (+)	+	+	0	0	0
	Взъерошен (-)	0	0	–	0	–
	Легко выдергивается (-)	0	0	0	0	–
	Алопеции (0)	0	0	0	0	0
	Обычные (+)	+	+	0	0	0
Слизистые оболочки	Отек (-)	0	0	–	–	0
	Гиперемия (-)	0	0	0	0	0
	Кровоизлияние (-)	0	0	0	0	–
	Восполнение (-)	0	0	0	0	–
	Повреждение (-)	0	0	0	0	0
	Хорошая (+)	+	+	0	0	0
Поедаемость корма	Активная (+)	+	+	0	0	0
	Вялая (-)	0	0	–	–	–
	Отказывается (-)	0	0	0	0	–
	По потребности (+)	+	+	0	0	0
Питье воды	С жадностью (-)	0	0	–	–	0
	Часто (-)	0	0	0	0	0
	Отказывается (-)	0	0	0	0	–
	Обычное (+)	+	0	0	0	0
Психо-эмоциональное состояние	Возбуждение (-)	0	–	–	0	0
	Депрессия (-)	0	0	–	0	–
	Испуг (-)	0	–	–	–	–
	Блуждание (-)	0	0	0	–	0
	Лежит (-)	0	0	0	0	–

Примечания: «+» – положительный признак; «-» – отрицательный признак; «0» – невостребованные.

Анализ внешних признаков животных показывает исчезновение положительных признаков после 10 дня наблюдений. Рост негативных (отрицательных) признаков на 20 день достигается из 36 показателей почти 50 единиц признаков. Хотя поедаемость фальсифицированной икры сохраняется, крысы худеют, появляются отеки, анемия, кровоизлияния как в коже, так и на слизистых оболочках, а на 20 день они отказываются от воды и корма. На 5 день наблюдений они становятся возбужденными и пугливыми, а позже много лежат и очень пугливые. Полученные данные графически представлены на рисунке 1.

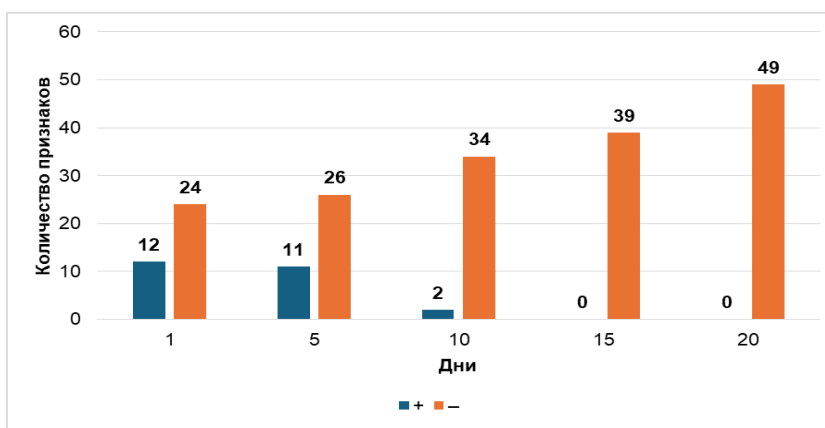


Рисунок 1 – Динамика габитуса

Для оценки состояния желудка и кишечника была составлена тест-карта, включающая 10 показателей и 52 признака этих показателей. Исследование этих структур проводили на 10 и 20 дни, то есть после вскрытия (таблица 3).

Таблица 3 – Тест-карта оценки желудка и кишечника

Показатели	Признаки	Фон	10 день	20 день
1	2	3	4	5
Измерения желудка	Общая масса (грамм)	2,20	1,80	1,05
	Длина (см)	2,60	2,35	2,60
	Ширина (см)	1,25	1,30	1,60
	Объем (см ³)	3,24	2,31	2,90
Форма желудка	Бобовидный (-)	0	–	0
	Мешковой (+)	+	+	+
	Дольчатый (-)	0	0	0
Наполнение желудка	Умеренный (+)	+	+	+
	Пустой (-)	0	0	0
	Переполненный (-)	0	0	–
Цвет желудка	Серо-белый (+)	+	0	0
	Бледный (-)	0	–	0
	Пестрый (-)	0	0	0
	Розово-красный (-)	0	0	–
	Красный (-)	0	0	0
	Коричневый (-)	0	0	0
Слизистая оболочка желудка	Бледно-розовый (+)	+	0	0
	Гиперемия (-)	0	–	–
	Анемия (-)	0	0	0
	Кровоизлияние (-)	0	0	–
	Плотная (-)	0	–	0
	Эрозии (-)	0	0	–
	Язвы (-)	0	0	–
	Некрозы (-)	0	0	0
Поверхность желудка	Гладкая (+)	+	+	0
	Ровная (+)	+	0	0
	Мягкая (-)	0	0	0
	Бугристая (-)	0	0	–
	Упругая (-)	0	–	–

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
Проходимость сфинктера	Обычная (+)	+	+	0
	Сужена (-)	0	0	-
	Стеноз (-)	0	0	0
	Инородное тело	0	0	0
Железистая часть	Без изменений (+)	+	0	0
	Отек (-)	0	-	0
	Гиперемия (-)	0	-	-
	Кровоизлияние (-)	0	0	-
	Эрозии (-)	0	0	-
	Язвы (-)	0	0	-
	Рисунок железистый стерт (-)	0	0	-
	Рисунок железистый стерт выражен (+)	0	0	0
Состояние кишечника	Без изменений (+)	+	0	0
	Деформирован (-)	0	-	0
	Вздут (-)	0	-	-
	Анемия (-)	0	-	-
	Гиперемия (-)	0	0	0
	Кровоизлияние (-)	0	0	0
Слизистая оболочка кишечника	Без изменений (+)	+	0	0
	Отек (-)	0	-	-
	Гиперемия (-)	0	-	-
	Кровоизлияние (-)	0	-	-
	Некрозы (-)	0	0	0
	Эрозии (-)	0	0	-
	Язвы (-)	0	0	-

Примечания: «+» – положительный признак; «-» – отрицательный признак; «0» – невостробованные.

Анализируя таблицу 3, видно, что у фоновых крыс, то есть до опыта, желудок и кишечник в спокойном состоянии, и визуальная их оценка соответствует описаниям этих органов в литературе. На 10 день опыта положительных показателей остается только 4, появляются нежелательные отклонения, количество которых к 20 дню увеличивается (21). Характерно, что на 10 день появляются на слизистой оболочке желудка и кишечника эрозии и язвы, сопровождающиеся всеми процессами глубокого воспаления. Итоговые показатели полученных данных графически представлены на рисунке 2.

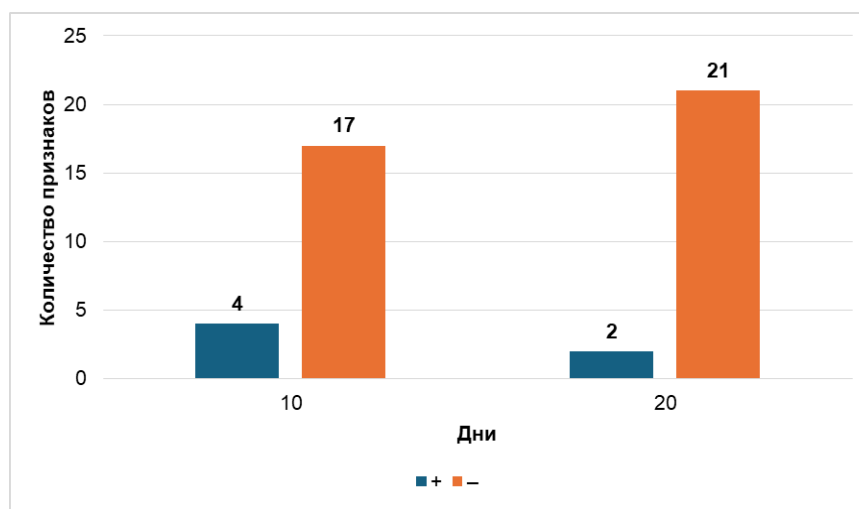


Рисунок 2 – Итоговые показатели оценки желудка и кишечника

Пищеварительные железы (печень и поджелудочная железа) оценивались на вскрытии по 13 показателям и 58 признакам, которые убедительно показывают глубокую реакцию этих желез на некачественный продукт (таблица 4).

Таблица 4 – Динамика изменений основных органов системы пищеварения во время наблюдений

Показатели	Признаки	Фон	10 день	20 день
Печень				
Общая масса	Грамм	6-12	9,75	9,82
Форма	Шесть долек (+)	+	+	+
	Хорошо выражена (+)	0	0	0
	Сросшиеся (-)	0	0	0
	Атрофия (-)	0	0	0
	Отек (-)	0	–	0
	Гипертрофия (-)	0	–	–
	С кровоизлияниями (-)	0	0	–
	Деформирована (-)	0	–	–
Консистенция	Плотная (+)	+	+	0
	Бугристая (-)	0	0	–
	Мягкая (-)	0	0	0
Цвет	Коричневато-красный (+)	+	0	0
	Гиперемия (-)	0	–	0
	Анемия (-)	0	0	–
	Мускатная (-)	0	0	0
Капсула	Без изменений (+)	+	0	0
	Напряженная	0	–	0
	Края острые (+)	+	0	0
	Края округлые (-)	0	–	–
	Налет (-)	0	0	0
Желчный пузырь	Отсутствует (+)	+	+	+
	Имеется (-)	0	0	0
	Рудимент (-)	0	0	0
Паренхима на разрезе	Обычная, дольчатая (+)	+	0	0
	Течет (-)	0	0	0
	Бесструктурная	0	0	0
	Суховатая (-)	0	–	0
	Пестрая (-)	0	0	0
	Кровянистая (-)	0	0	–
	Плотная (-)	0	0	0
Мускатная (-)	0	0	–	
Поджелудочная железа				
Общая масса	Грамм	0,47	0,51	0,62
Размер	Длина, мм	30,0-50,0	28,0	31,0
	Толщина, мм	1,0	0,8	0,7
Форма	Удаленная, плоская (+)	+	0	0
	Равномерная (+)	+	0	0
	Дольчатая (-)	0	–	0
	Бугристая (-)	0	0	–
Консистенция	Удлиненно-плоская (+)	+	0	0
	Плотная (-)	0	0	0
	Рыхлая (-)	0	–	0
	Упругая (-)	0	–	–
Цвет	Розово-беловатый (+)	+	0	0
	Розовый (-)	0	0	0
	Розово-красный (-)	0	–	0
	Беловатый (-)	0	0	–
	Красный (-)	0	0	–
Капсула	Без изменений (+)	+	0	0
	Морщинистая (-)	0	–	–
	Налет (-)	0	0	–
	Плотная (-)	0	0	0
Паренхима	Гроздевидный (+)	+	0	0
	Мелкие дольки (+)	+	0	0
	Равномерная (-)	0	–	0
	Узловатая (-)	0	0	–
	Плотная, однородная (-)	0	0	–

Примечания: «+» – положительный признак; «-» – отрицательный признак; «0» – невостребованные.

Очень наглядно просматривается реакция желез, выражающаяся в их увеличении и перерождении, развитии не только нарушения кровообращения (гиперемии, отеки, кровоизлияния, застои), но и отклонения в структуре (мускатный цирроз, воспалительный панкреатит и др.). Это все указывает на глубокие нарушения в работе этих органов, приводящие к расстройству пищеварения, токсическому влиянию на остальные органы и ткани, выражающемуся отравлением. Итоговые показатели полученных данных графически представлены на рисунке 3.

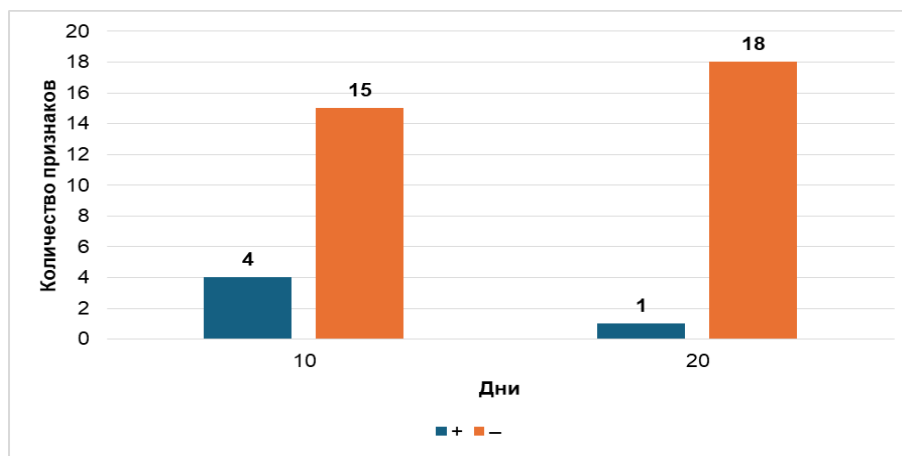


Рисунок 3 – Итоговые показатели оценки печени и поджелудочной железы

Таким образом, крысы, которым вводили в рацион фальсифицированную красную икру лососевых рыб, с помощью заранее разработанных тест-карт оценивались по 31 показателю и 149 признакам этих показателей, позволяющим обстоятельно и быстро оценить систему пищеварения.

Доминирующим признаком при поступлении патогенного фактора в организм биологического объекта через желудочно-кишечный тракт в виде фальсифицированной икры лососевых рыб является развитие глубоких дегенеративно-некротических процессов, приводящих к эрозиям и язвам слизистой оболочки желудка, а следом и пищеварительной трубки, ведущих к нарушениям пищеварения и накоплению вместо необходимых питательных веществ токсических продуктов, вызывающих последовательное нарушение работы всех систем целостного организма. Это позволяет раскрыть причинно-следственную связь отравления и гибели организма в данных условиях.

Заключение. Проведенные исследования показали, что работа с тест-картами позволяет глубоко оценить состояние животных за счет обстоятельного набора признаков, раскрывающих потребности данной проблемы. Кроме того, тест-карты сокращают длительность работы с животными и не требуют привлечения дополнительного рабочего персонала.

Результаты такой работы позволяют выделить доминирующие ведущие клинико-морфологические признаки, которые способствуют быстрой профессиональной диагностике заболевания, а значит разработке и проведению срочной и эффективной терапии и профилактики.

Conclusion. The conducted research has shown that working with test cards allows you to deeply assess the condition of animals due to a detailed set of signs that reveal the needs of this problem. In addition, test cards reduce the duration of work with animals and do not require additional personnel.

The results of this work make it possible to identify the dominant leading clinical and morphological features that contribute to the rapid professional diagnosis of the disease, and therefore to the development and implementation of urgent and effective therapy and prevention.

Список литературы.

1. Ноздрачев, А. Д. *Анатомия крысы : руководство для студентов вузов, обучающихся по биологическим и медицинским специальностям* / А. Д. Ноздрачев, Е. Л. Поляков. – Санкт-Петербург : Лань, 2001. – 463 с.
2. Маккракен, Т. О. *Атлас анатомии мелких домашних животных* / Т. О. Маккракен, Р. А. Кайнеп. – Москва : Аквариум-Принт, 2015. – 144 с.
3. *Вскрытие и патологоанатомическая диагностика болезней сельскохозяйственных животных* / А. В. Жаров, И. В. Иванов, А. А. Кунаков, Н. А. Налетов. – Москва : Колос, 1982. – 270 с.
4. ГОСТ 31794-2012 *Икра зернистая лососевых рыб. Технические условия.*
5. Жаров, А. В. *Судебная ветеринарная медицина: учебник* / А. В. Жаров. – 3-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Лань, 2014. – 464 с.
6. Ковалевский, К. Л. *Лабораторное животноводство* / К. Л. Ковалевский ; под редакцией А. И. Метелкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Медгиз, 1958. – 324 с.
7. Кокуричев, П. И. *Атлас патологической анатомии сельскохозяйственных животных* / П. И. Кокуричев. – Ленинград : Колос. [Ленингр. отд-ние], 1973. – 192 с

8. Петренко, В. М. Форма и топография желудка у белой крысы / В. М. Петренко // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 227-229. – EDN PBAWBP.

9. Савельева, А. Ю. Практикум по анатомии декоративных и экзотических животных / А. Ю. Савельева. – Красноярск, 2025. – 288 с.

10. Ускоренные способы количественного сравнения морфологических признаков и систем : учебное пособие / С. Б. Стефанов, Н. С. Кухаренко ; Благовещенский сельскохозяйственный институт. – Благовещенск : БСХИ, 1989. – 64 с.

References.

1. Nozdrachev, A. D. Anatomiya krysy : rukovodstvo dlya studentov vuzov, obuchayushihya po biologicheskim i medicinskim specialnostyam / A. D. Nozdrachev, E. L. Polyakov. – Sankt-Peterburg : Lan, 2001. – 463 s.

2. Makkraken, T. O. Atlas anatomii melkih domashnih zhivotnyh / T. O. Makkraken, R. A. Kajnep. – Moskva : Akvarium-Print, 2015. – 144 s.

3. Vskrytie i patologoanatomicheskaya diagnostika boleznej selskohozyajstvennyh zhivotnyh / A. V. Zharov, I. V. Ivanov, A. A. Kunakov, N. A. Naletov. – Moskva : Kolos, 1982. – 270 s.

4. GOST 31794-2012 Ikra zemistaya lososevyh ryb. Tehnicheskie usloviya.

5. Zharov, A. V. Sudebnaya veterinarnaya medicina: uchebnik / A. V. Zharov. – 3-e izd., ispr. i dop. – Sankt-Peterburg : Lan, 2014. – 464 s.

6. Kovalevskij, K. L. Laboratornoe zhivotnovodstvo / K. L. Kovalevskij ; pod redakciej A. I. Metelkina. – 2-e izd., pererab. i dop. – Moskva : Medgiz, 1958. – 324 s.

7. Kokurichev, P. I. Atlas patologicheskoy anatomii selskohozyajstvennyh zhivotnyh / P. I. Kokurichev. – Leningrad : Kolos. [Leningr. otd-nie], 1973. – 192 s.

8. Petrenko, V. M. Forma i topografiya zheludka u beloj krysy / V. M. Petrenko // Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. – 2012. – № 4. – С. 227-229. – EDN PBAWBP.

9. Saveleva, A. Yu. Praktikum po anatomii dekorativnyh i ekzoticheskikh zhivotnyh / A. Yu. Saveleva. – Krasnoyarsk, 2025. – 288 s.

10. Uskorennye sposoby kolichestvennogo sravneniya morfologicheskikh priznakov i sistem : uchebnoe posobie / S. B. Stefanov, N. S. Kuharenko ; Blagoveshenskij selskohozyajstvennyj institut. – Blagoveshensk : BSHI, 1989. – 64 s.

Поступила в редакцию 24.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-77-81

УДК 57.084:612.6

ВЛИЯНИЕ ТЕМНОВОЙ ДЕПРИВАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФЕТОТОКСИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Пашинская Е.С. ORCID ID 0000-0002-5473-4240, Соболевская И.С. ORCID ID 0000-0001-8300-7547,

Хныков А.М. ORCID ID 0009-0006-5832-2602, Гулина А.К. ORCID ID 0009-0001-7397-7993,

Побяржин В.В. ORCID ID 0000-0002-3508-9995, Матвеев Д.С. ORCID ID 0009-0006-7977-8641

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»,

г. Витебск, Республика Беларусь

Темновая депривация – процесс, при котором происходит полное или частичное исключение темновой фазы дня у индивида. В современном мире это нередкое явление, поскольку люди окружают себя источниками света в виде осветительных приборов, мониторов, гаджетов. Также существуют определенные виды работ, предполагающие практически постоянное нахождение среди искусственных источников освещения: офисная, вахтовая работа. В таких видах работ могут участвовать в том числе и беременные женщины.

При таком воздействии происходит нарушение циркадных ритмов – внутренних часов организма, отвечающих за контроль синтетических, регуляторных процессов внутри индивида, относительно продолжительности дня. На данный момент нет исследований, которые содержали бы результаты анализа влияния темновой хронодеструкции на развитие беременности. Отсутствуют данные по характеристике эмбриотоксического эффекта темновой депривации на постнатальное развитие потомства.

Впервые доказано, что темновая депривация приводит к достоверному снижению массы как самок во время беременности, так и рожденного ими потомства группы «эксперимент» по сравнению с контрольными показателями в 1,33-1,6 раза.

Воздействие темновой депривации приводит к достоверному изменению численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения, по сравнению с контрольными, и замедляет их физиологическое «созревание», что характеризуется более поздним появлением морфологических признаков у потомства группы «эксперимент». **Ключевые слова:** темновая депривация, эмбриотоксический эффект, постнатальное развитие, самки крыс линии Wistar.

EFFECT OF DARK DEPRIVATION ON CHANGES OF FETOTOXIC INDICATORS IN THE EXPERIMENT

Pashinskaya E.S., Sobolevskaya I.S., Khnykav A.M., Hulina A.K., Pobyarzhin V.V., Matveev D.S.
El "Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University",
Vitebsk, Republic of Belarus

Dark deprivation is a process in which there is a complete or partial exclusion of the dark phase of the day in an individual. In the modern world, this is not an uncommon phenomenon, as people surround themselves with light sources in the form of lighting devices, monitors, and gadgets. There are also certain types of work that involve almost constant presence among artificial light sources: office, shift work. Pregnant women can also be involved in these kinds of work.

With such exposure there is a violation of circadian rhythms – the internal watch of the body, responsible for the control of synthetic, regulatory processes within the individual, regarding the length of the day. At the moment, there are no studies that contain the results of research on the effect of dark chronodestruction on the development of pregnancy. There are no data on characterization of embryotoxic effect of dark deprivation on postnatal development of posterity.

It has been proven for the first time that dark deprivation leads to a significant decrease in the weight of females during pregnancy as well as in the offspring born to them in the experimental group compared to the control indicators by 1.33-1.6 times.

*The effect of dark deprivation leads to a significant change in the number of offspring in the experimental group towards a decrease compared to the controls and retards their physiological "maturation", which is characterized by a later appearance of morphological traits in the offspring of the experimental group. **Keywords:** dark deprivation, embryotoxic effect, postnatal development, female Wistar rats.*

Введение. В настоящее время доказано, что внешние факторы, такие как свет и тьма, могут оказывать непосредственное влияние на циркадные ритмы. При этом любое изменение синхронизированной работы организма приводит к срыву регуляторных систем, который заключается в развитии метаболических нарушений и тканевых повреждений [1, 2]. Темновая депривация – процесс, при котором происходит полное или частичное исключение темновой фазы дня у индивида. В современном мире это нередкое явление, поскольку люди окружают себя источниками света в виде осветительных приборов, мониторов, гаджетов. Также существуют определенные виды работ, предполагающие собой практически постоянное нахождение среди искусственных источников освещения: офисная, вахтовая работа. В таких видах работ могут участвовать в том числе и беременные. Беременность – это сложный биологический процесс. Во время беременности в организме происходят важные физиологические перестройки, сопровождающиеся значимыми изменениями во всех органах и системах организма: прекращение менструации, изменение гормонального фона, изменение обмена веществ, гематологических и гемодинамических показателей, липидного обмена и т.д. [3-5]. В настоящее время выдвигается предположение, что развивающаяся циркадная система плода зависит от работы циркадной системы матери. Во время беременности многие физиологические процессы в организме матери меняются в соответствии с потребностями развивающегося эмбриона. Работа материнских циркадных часов способствует постнатальной интеграции разрозненных периферических циркадных часов плода в циркадную систему, подобную взрослой. При этом длительные нарушения циркадных ритмов во время беременности могут оказать существенное и долгосрочное воздействие на материнское репродуктивное здоровье, а также развитие их потомства [5-6].

На данный момент нет исследований, которые содержали бы результаты исследований влияния темновой хронодеструкции на развитие беременности. Отсутствуют данные по характеристике фетотоксического эффекта темновой депривации в постнатальном развитии потомства. Вместе с тем исследования в этой области имеют практическое значение для профилактической помощи в обеспечении успешной беременности и оптимального развития плода, что необходимо для снижения риска развития постнатальных заболеваний у человека.

Цель – изучить влияние темновой депривации на изменение фетотоксических показателей в эксперименте.

Материалы и методы исследований. В соответствии с протоколом-дизайном исследования, эксперимент проводили на 20 самках крыс линии Wistar массой тела 180-200 г, которых для получения беременности случали с самцами в соотношении 2 самки – 1 самец в течение 3 суток. Десять самок служили контролем и содержались в стандартных условиях вивария на протяжении всей беременности. Экспериментальных животных в количестве 10 голов содержали в условиях отсутствия темноты (темновая хронодеструкция) на протяжении всего опыта. Самки всех групп подвергались ежедневному осмотру в течение беременности и после родов. Учитывался критерий изменения веса крыс на 7-е, 14-е, 21-е сутки развития беременности.

У потомства, появившегося от самок групп «контроль» и «опыт», также проводили оценку веса и численности (размер помета, число живых и мертвых новорожденных) на 4-е, 7-е, 14-е, 21-е

сутки после рождения. Также регистрировали следующие параметры: отлипание ушной раковины; появление первичного волосяного покрова; прорезывание резцов; открытие глаз; опускание семенников; открытие влагалища. Все манипуляции проводили в соответствии с рекомендациями по влиянию фармакологических препаратов на репродуктивную функцию животных [7]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica 10.0 (STA99K347156-W). Рассчитывали среднюю (M), медиану (Me), размах (Min–Max), межквартильный интервал (15-й и 85-й процентиля), а также 95% доверительный интервал (ДИ) для медианы и средней. Результаты в тексте отображали в виде средней и ДИ. Оценку вида распределения изучаемых признаков проводили с помощью критериев Шапиро-Уилка, Колмагорова-Смирнова и Лиллиефорса. При сравнении количественных и качественных признаков в двух группах использовали критерий U Вилконсона-Манна-Уитни. Различия считали достоверными при уровне значимости менее 0,05 ($p < 0,05$). Все манипуляции с животными проводились в соответствии с рекомендациями Конвенции Совета Европы по охране позвоночных животных, используемых в экспериментальных и других научных целях (European Convention for the Protection of Vertebrate Animals for Experimental and Other Scientific Purposes: Strasbourg, Council of Europe, 51 pp; 18.03.1986), Директивой Совета ЕЭС от 24.11.1986 (Council Directive on the Approximation of Laws, Regulations and Administrative Provisions of the Member States Regarding the Protection of Animal Used for Experimental and Other Scientific Purposes), рекомендациями FELASA Working Group Report (1994-1996), ТКП 125-2008 и нормативной документацией «Положение о порядке использования лабораторных животных в научно-исследовательских работах и педагогическом процессе «ВГМУ» и мерами по реализации требований биомедицинской этики», 2010.

Результаты исследований. По результатам проведенного исследования выявлено, что масса самок экспериментальных групп относительно показателей самок контрольных групп достоверно отличалась в сторону снижения: на 7-е сутки – в 1,43 раза ($p = 0,0002$), на 14-е сутки – в 1,35 раза ($p = 0,0003$), на 21-е сутки – в 1,46 раза ($p = 0,0004$) (таблица 1).

Наблюдалось достоверное снижение средней массы (г) потомства, родившегося от самок группы «эксперимент», по сравнению с контролем: на 4-е сутки – в 1,33 раза ($p = 0,0000$), на 7-е – в 1,6 раза ($p = 0,0000$), на 14-е – в 1,29 раза ($p = 0,0000$), а на 21-е сутки – в 1,45 раза ($p = 0,0000$) (таблица 2).

Таблица 1 – Динамика массы самок

Время эксперимента (сутки)	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
7-е	291,6	275,0-308,1	204,4*	195,0-213,7
14-е	290,0	271,6-308,4	214,5*	207,9-221,1
21-е	321,1	295,6-346,6	220,4*	210,2-230,7

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

Таблица 2 – Динамика массы крысят

Время эксперимента (сутки)	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
4-е	8,0	7,6-8,4	6,0*	5,6-6,3
7-е	21,9	20,1-23,7	13,7*	12,9-14,5
14-е	32,4	30,1-34,8	25,2*	24,1-26,2
21-е	56,5	53,1-59,9	38,9*	37,6-40,1

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

За время эксперимента было зафиксировано достоверное изменение численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения по сравнению с контрольными (таблица 3). На 4-е сутки наблюдения численность крысят экспериментальной группы была ниже в 1,3 раза ($p > 0,05$), на 7-е сутки – в 1,5 раза ($p < 0,05$), на 14-е – в 2 раза ($p < 0,05$), на 21-е сутки – в 1,9 раза ($p < 0,05$).

Таблица 3 – Изменение численности потомства

Время эксперимента	Группы животных			
	Контроль	95% ДИ	Опыт	95% ДИ
4-е сутки	11,40	0,54-2,57	8,75*	1,42-9,32
7-е сутки	11,20	0,5-2,40	7,50*	0,98-6,46
14-е сутки	11,20	0,5-2,40	5,75*	1,75-11,54
21-е сутки	11,00	0,42-2,03	5,75*	1,75-11,54

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

Также было проведено сравнение следующих признаков (с момента рождения): отлипание ушных раковин, появление первичного волосяного покрова, прорезывание резцов, открытие глаз, опускание семенников, открытие влагалища (таблица 4).

Таблица 4 – Появление признака у крысят (сутки)

Признак	Группы животных			
	Контрольная	95% ДИ	Экспериментальная	95% ДИ
Отлипание ушных раковин	2,81	0,46-0,67	7,17*	0,43-0,73
Появление первичного волосяного покрова	5,67	0,6-0,88	9,59*	0,62-1,05
Прорезывание резцов	8,35	0,41-0,59	13,17*	1,02-1,74
Открытие глаз	14,44	0,58-0,84	15,62*	0,54-0,92
Опускание семенников	25,89	0,65-0,95	33,21*	0,98-1,67
Открытие влагалища	31,79	0,81-1,18	34,69*	0,57-0,96

Примечание. * – достоверное отличие от данных «контроль» (при $p < 0,05$).

При сравнении скорости проявления данных признаков контрольной и экспериментальной групп были выявлены следующие различия в сторону формирования физиологических признаков на более поздних сроках у потомства группы «эксперимент» по сравнению с крысятами группы «контроль» (таблица 4): отлипание ушной раковины – в 2,55 раза ($p=0,000$), появление первичного волосяного покрова – в 1,7 раза ($p=0,000$), прорезывание резцов – в 1,6 раза ($p=0,000$), открытие глаз у крысят контрольной группы – в 1,1 раза ($p=0,000$), опускание семенников – в 1,33 раза ($p=0,000$), открытие влагалища – в 2,55 раза ($p=0,000$).

Заключение. Таким образом, выявлено достоверное снижение массы как самок во время беременности, так и рожденного ими потомства группы «эксперимент» по сравнению с контрольными показателями в 1,33-1,6 раза.

Воздействие темновой депривации приводит к достоверному изменению численности молодняка в группе «эксперимент» в сторону снижения по сравнению с контрольными и замедляет их физиологическое «созревание», что характеризуется более поздним появлением морфологических признаков у потомства группы «эксперимент». Подводя итог, можно сказать, что гестационная хронодеструкция влияет как на организм матери, так и постэмбриональное развитие ее потомства, приводя к долгосрочным изменениям, которые в последующем могут сохраняться и во взрослой жизни. Текущие результаты подчеркивают необходимость более тщательного изучения эффектов циркадных нарушений на эмбриональное и постэмбриональное развитие как в модельных системах, так и у людей.

Conclusion. Thus, a significant decrease in the weight of both females during pregnancy and the offspring born to them in the experimental group was observed, compared to control values, by 1.33-1.6 times. Dark deprivation significantly reduced the number of offspring in the experimental group compared to the control group and delayed their physiological maturation, characterized by a delayed appearance of morphological traits in the offspring of the experimental group. In summary, gestational chronodestruction affects both the mother's body and the postembryonic development of her offspring, leading to long-term changes that may persist into adulthood. These results highlight the need for a more thorough study of the effects of circadian disruptions on embryonic and postembryonic development, both in model systems and in humans.

Список литературы.

1. *Circadian rhythms and the molecular clock in cardiovascular biology and disease* / Sandra Crnko, Bastiaan C. Du Pré, Joost P G Sluiter, Linda W Van Laake // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2019. – Vol. 16, № 7. – P. 437–447.
2. Zhang, Z. *Circadian rhythm of lipid metabolism in health and disease* / Z. Zhang, X. Haoran, Min-Dian Li // *Small Methods.* – 2019. – P. 1900601.
3. *Maternal and Early-Life Circadian Disruption Have Long-Lasting Negative Consequences on Offspring Development and Adult Behavior in Mice* / B. L. Smarr, A. D. Grant, L. Perez [et al.] // *Sci. Rep.* – 2017. – P. 3326.
4. *Disruption of paternal circadian rhythm affects metabolic health in male offspring via nongerm cell factors* / Maximilian Lassi, Archana Tomar, Gemma Comas-Armangué [et al.] // *Sci. Adv.* – 2021. – Vol. 7. – eabg6424.
5. *Circadian rhythm and its association with birth and infant outcomes: research protocol of a prospective cohort study* / Satvinder Kaur, Ai Ni Teoh, Nurul HusnaMohd Shukri [et al.] // *BMC Pregnancy Childbirth.* – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 96.
6. Chien-Ning Hsu. *Light and Circadian Signaling Pathway in Pregnancy: Programming of Adult Health and Disease* / Chien-Ning Hsu, You-Lin Tain // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 2232.
7. *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств.* – Москва : Гриф и К, 2012. – Ч. 1. – 944 с.

References.

1. *Circadian rhythms and the molecular clock in cardiovascular biology and disease* / Sandra Crnko, Bastiaan C. Du Pré, Joost P G Sluiter, Linda W Van Laake // *Nat. Rev. Cardiol.* – 2019. – Vol. 16, № 7. – P. 437–447.
2. Zhang, Z. *Circadian rhythm of lipid metabolism in health and disease* / Z. Zhang, X. Haoran, Min-Dian Li // *Small Methods.* – 2019. – P. 1900601.
3. *Maternal and Early-Life Circadian Disruption Have Long-Lasting Negative Consequences on Offspring Development and Adult Behavior in Mice* / B. L. Smarr, A. D. Grant, L. Perez [et al.] // *Sci. Rep.* – 2017. – P. 3326.
4. *Disruption of paternal circadian rhythm affects metabolic health in male offspring via nongerm cell factors* / Maximilian Lassi, Archana Tomar, Gemma Comas-Armangué [et al.] // *Sci. Adv.* – 2021. – Vol. 7. – eabg6424.
5. *Circadian rhythm and its association with birth and infant outcomes: research protocol of a prospective cohort study* / Satvinder Kaur, Ai Ni Teoh, Nurul Husna Mohd Shukri [et al.] // *BMC Pregnancy Childbirth.* – 2020. – Vol. 20, № 1. – P. 96.
6. Chien-Ning Hsu. *Light and Circadian Signaling Pathway in Pregnancy: Programming of Adult Health and Disease* / Chien-Ning Hsu, You-Lin Tain // *Int. J. Mol. Sci.* – 2020. – Vol. 21, № 6. – P. 2232.
7. *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств.* – Москва : Гриф i K, 2012. – Ч. 1. – 944 с.

Поступила в редакцию 07.07.2025.

DOI 10.52368/2078-0109-2025-61-4-81-85
УДК 632.15:616-091.8

ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА В ПЕЧЕНИ КРЫС

*Хмель А.О. ORCID ID 0009-0008-3068-3961, *Кудояров Э.Р. ORCID ID 0000-0002-2092-1021,
*Валова Я.В. ORCID ID 0000-0001-6605-9994, *Хуснутдинова Н.Ю. ORCID ID 0000-0001-5596-8180,
*Рябова Ю.В. ORCID ID 0000-0003-2677-0479, *Каримов Д.Д. ORCID ID 0000-0002-1962-2323,
***Каримов Д.О. ORCID ID 0000-0003-0039-6757

*ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека»,
г. Уфа, Российская Федерация

**ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко»,
г. Москва, Российская Федерация

В работе приведены данные исследования распределения микропластиковых частиц разного размера (500 и 1000 нм) в печени подопытных крыс. Для анализа использовался метод полуколичественной оценки с применением флуоресцентного окрашивания. С целью выявления распределения и интенсивности накопления микропластика в тканях животных проводились инъекции частиц с помощью внутрисердечного введения, после чего изучались гистологические образцы с применением микроскопии и сравнительного анализа уровня распределения частиц в печени. Полученные данные выявили четкую зависимость распределения микропластика от его размера: наибольшая концентрация наблюдалась для частиц 1000 нм, что подтверждалось выраженным усилением флуоресценции в этой группе. Установлено, что более крупные частицы (1000 нм) распределяются в печени в существенно больших количествах по сравнению с частицами 500 нм и контрольными образцами, что подчеркивает влияние размера частиц на их распределение в организме. **Ключевые слова:** эксперимент, крысы, микропластик, печень, полуколичественный анализ, распределение, размер.

SEMI-QUANTITATIVE ASSESSMENT OF THE DISTRIBUTION OF MICROPLASTIC PARTICLES OF DIFFERENT SIZE IN THE LIVER OF RAT

*Khmel A.O., *Kudoyarov E.R., *Valova Ya.V., *Khusnutdinova N.Yu.,
*Ryabova Yu.V., *Karimov D.D., ***Karimov D.O.

*Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology,
Ufa, Russian Federation

**N.A. Semashko National Research Institute of Public Health,
Moscow, Russian Federation

The paper presents data on a study of the distribution of microplastic particles of different size (500 and 1000 nm) in the liver of experimental rats. A semi-quantitative assessment method using fluorescent staining was used for the analysis. In order to identify the distribution and intensity of microplastic accumulation in animal tissues, particles were injected as intracardiac administration, afterwards the histological samples were studied using microscopy and a comparative analysis of the level of particle distribution in the liver. The data obtained revealed a clear dependence of microplastic accumulation on its size: the highest concentration was observed for 1000 nm particles, which was confirmed by a pronounced increase of fluorescence in this group. It was found that larger particles (1000 nm) are distributed in the liver in significantly larger quantities compared to 500 nm particles and control samples, which emphasizes the influence of particle size on their distribution in the body. **Keywords:** experiment, rats, microplastic, liver, semi-quantitative analysis, distribution, size.

Введение. Современные полимерные материалы отличаются рядом исключительных характеристик: легкостью, высокой прочностью и стойкостью к химическим веществам. Благодаря этим преимуществам они нашли широкое применение в самых разных отраслях. За последние семь десятилетий объемы глобального выпуска пластика увеличились в сотни раз – с 1,5 млн тонн до приблизительно 359 млн тонн в год [1]. Однако наряду с удобством использования изделий из полимеров растет и обеспокоенность их негативным влиянием на экосистемы и живые организмы.

При этом основная часть отходов пластика не перерабатывается, а уничтожается путем сжигания, захоронения на полигонах или попадает в природную среду. В результате свыше 75% мусора, загрязняющего Мировой океан, приходится именно на полимерные отходы. Сегодня масштабы накопления пластикового мусора в природе приобрели угрожающий характер, а загрязнение микропластиком (МП) превратилось в одну из самых острых экологических проблем современности [2].

Под воздействием факторов окружающей среды происходит разложение полимеров и возникают риски образования «вторичного» МП [3]. Частицы синтетических полимеров размером менее 5 мм повсеместно обнаруживаются в водных объектах, почве и атмосфере, создавая серьезные риски для здоровья живых организмов. Проведенными исследованиями показано, что МП может проявлять цитотоксические свойства, которые во многом зависят от формы, размера частиц и их физико-химических свойств [4].

Особую опасность представляет способность МП накапливаться в тканях и органах сельскохозяйственных животных, через загрязненные корма и воду, что может негативно влиять на их продуктивность. В последние годы появляется все больше исследований, подтверждающих опасность проникновения МП не только в желудочно-кишечный тракт, но и во внутренние органы, в частности в печень, которая выполняет ключевую роль в детоксикации организма [5].

Печень как ключевой орган детоксикации и метаболизма особенно уязвима к накоплению МП. Через систему воротной вены она получает кровь от кишечника, где возможно всасывание мелких пластиковых частиц [6]. Несмотря на большой интерес научного сообщества к проблеме пластикового загрязнения, реальные масштабы распределения МП в живом организме остаются недостаточно изученными, особенно в контексте ветеринарной патологии. Для объективной оценки существующих рисков для здоровья необходимо продолжение исследований по изучению токсичности частиц МП, условий его накопления в различных органах и тканях, а также по токсикокинетике и токсикодинамике его частиц после попадания внутрь организма.

Полуколичественный метод оценки распределения МП в тканях позволяет определить зоны его преимущественного накопления и связать это с возможными патологическими изменениями. Такие исследования особенно актуальны для ветеринарии, поскольку помогают оценить риски для здоровья сельскохозяйственных животных, а также потенциальную передачу МП по пищевой цепи человеку [7].

Цель исследований. В рамках экспериментального исследования провести полуколичественный анализ распределения микропластика различного диаметра в печени подопытных крыс.

Материалы и методы исследований. В эксперименте использовали 9 половозрелых самок крыс линии Wistar в возрасте 3 месяцев с массой тела 180-200 г, отобранных методом рандомизации. Индивидуальная маркировка проводилась путем нанесения меток на хвосты животных. Животные были распределены на три группы по трое в каждой: контрольная ("К-") и две экспериментальные, получавшие внутрисердечные инъекции полистирольных микропластиков диаметром 500 нм ("МП 500") и 1000 нм ("МП 1000"). Контрольной группе вводили эквивалентный объем физиологического раствора. Все процедуры содержания, кормления и выведения животных из эксперимента соответствовали установленным требованиям¹.

В качестве тест-объектов использовали флуоресцентно меченые полистирольные микропластики (QiuHuan, Китай) двух размеров: 500 нм (кат. № 7-3-0500) и 1 мкм (кат. № 7-3-0100), представленные в виде 1% водной суспензии с концентрацией 10 мг/мл. Контрольной субстанцией служил стерильный физиологический раствор. Вводимые препараты представляли собой гомогенные суспензии ярко-желтого цвета без выраженного запаха.

Наблюдение за животными продолжалось в течение 5 часов после инъекции, после чего проводили эвтаназию в CO₂-камере. Для гистологического анализа отбирали образцы печени (0,5 см³), которые фиксировали в криогеле и готовили криосрезы толщиной 10 мкм с использованием микротомы Leica CM 1520 (LeicaBioSystems, Германия). Флуоресцентную микроскопию выполняли на системе CelenaX (LogosBiosystems, Южная Корея) при 400-кратном увеличении с фильтром EGFP.

Для полуколичественного анализа распределения МП два независимых эксперта оценивали количество флуоресцирующих объектов (четкие сферические частицы и их агрегаты) и тканевых элементов (диффузное свечение) в 90 случайных полях зрения. Интенсивность флуоресценции классифицировали по 4-балльной шкале: 0 – отсутствие сигнала; 1 – слабое свечение; 2 – умерен-

¹ГОСТ 33215-2014 «Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур», введенный приказом Росстандарта от 09.11.2015 №1732-ст.

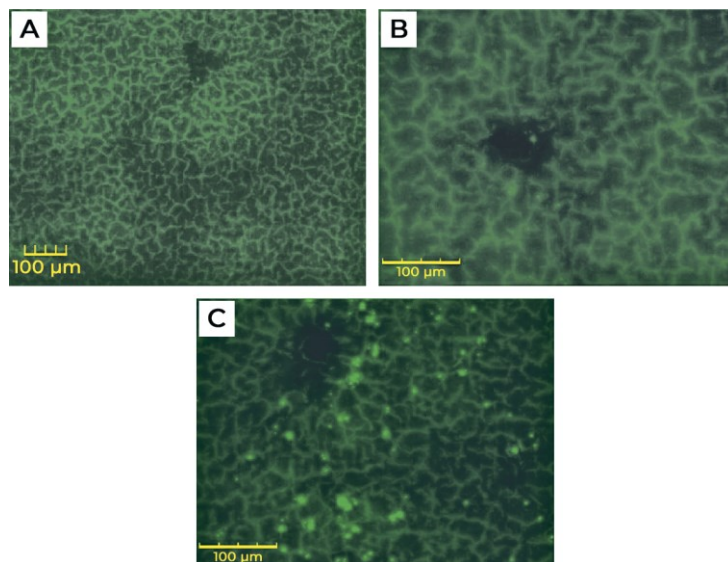
ное свечение; 3 – интенсивное свечение. Аналогичную шкалу применяли для оценки других флуоресцирующих структур в печеночной ткани.

Статистическую обработку данных проводили в программе SPSS Statistics с использованием Bootstrap-анализа с поправкой Холма-Бонферрони для ранговых показателей. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследований. Рисунок 1 демонстрирует обзорные микрофотографии печени, окрашенной флуоресцентным красителем. На изображениях видны светящиеся частицы и их скопления, что подтверждает наличие МП в тканях. При сравнении степени флуоресценции между контрольной группой и группами, подвергнутыми воздействию МП различного размера, наблюдаются существенные различия.

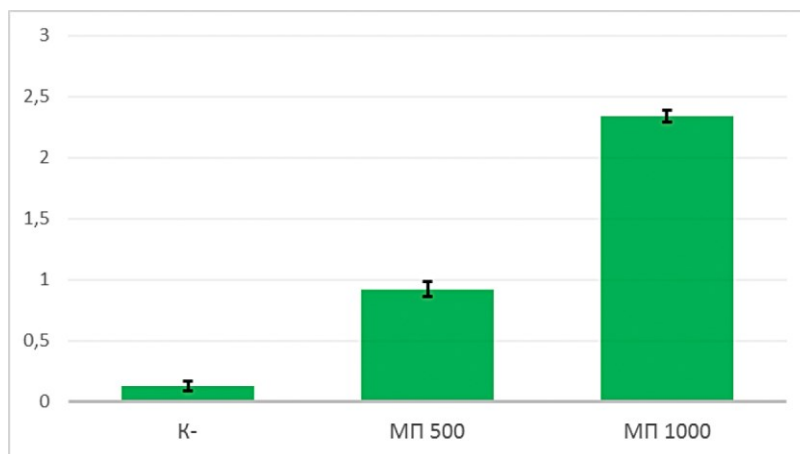
В контрольной группе (рис. 1А) флуоресцентный сигнал был практически не выражен, что свидетельствует об отсутствии значительного накопления МП. В то же время в группе «МП 1000» (рис. 1С) зафиксировано интенсивное свечение, указывающее на высокую концентрацию частиц. В группе «МП 500» (рисунок 1В) флуоресценция оказалась менее выраженной, что может говорить о зависимости распределения МП от размера частиц.

Группа, подвергшаяся воздействию МП размерами 500 нм продемонстрировала статистически значимый рост изучаемого параметра по сравнению с контролем ($p < 0,05$). При этом в группе с более крупными частицами МП (1000 нм) эффект был выражен существенно сильнее, достигая максимальных значений ($p < 0,01$ по сравнению как с контролем, так и с группой «МП 500»).



А – контрольная группа (без воздействия микропластика);
В – группа с частицами МП размером 500 нм; С – группа с частицами МП размером 1000 нм.

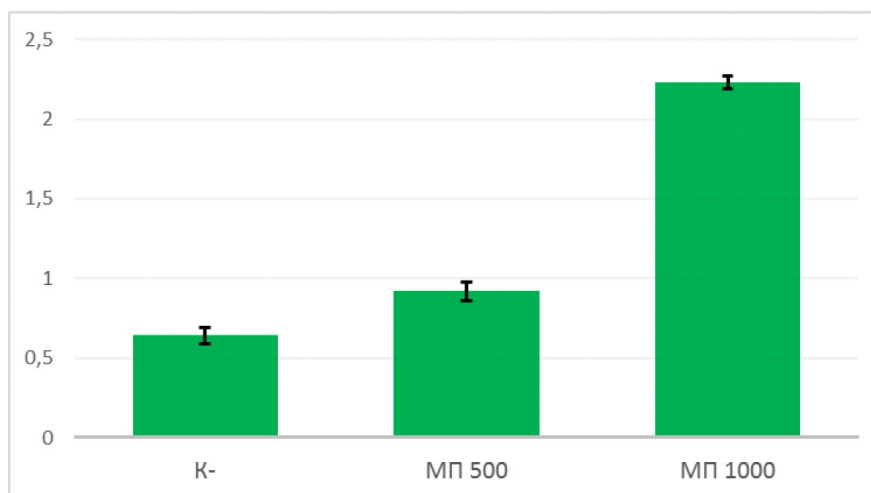
Рисунок 1 – Микрофотографии печени крыс, полученные после обработки флуоресцентным красителем. Увеличение x400



По оси ординат – интенсивность накопления МП

Рисунок 2 – Сравнительный анализ содержания микрочастиц пластика в печеночной ткани подопытных крыс в различных группах

Анализ флуоресцентного сигнала тканей печени продемонстрировал зависимость от размерных характеристик МП (рисунок 3). В группе контроля (К-) наблюдались статистически значимо более низкие показатели ($p < 0,05$) по сравнению с экспериментальными группами.



По оси ординат – интенсивность флуоресценции тканевых элементов
Рисунок 3 – Уровень флуоресцентного свечения структурных компонентов печеночной ткани у крыс

Экспозиция МП размером 500 нм вызвала статистически значимое увеличение флуоресценции тканевых элементов по сравнению с контролем ($p < 0,05$). При этом в группе с МП 1000 нм наблюдалось более выраженное возрастание значений, существенно превышающее как контрольные данные, так и результаты группы «МП 500» ($p < 0,01$).

Проведенные исследования показали, что степень накопления МП в печени зависит от размера частиц. Наиболее интенсивное распределение наблюдается с частицами размером 1000 нм, что может быть связано с тем, что, хотя они и хуже проникают в гепатоциты, зато активно фагоцитируются макрофагами печени, что приводит к их длительной задержке в ткани [8]. Кроме того, имеются сведения, что такие крупные частицы способны формировать устойчивые агрегаты, которые не могут быть эффективно удалены из органа [9].

Особую значимость полученные данные имеют в контексте потенциальных токсикологических эффектов. Повышенное накопление частиц 1000 нм может иметь более серьезные последствия для печени по сравнению с более мелкими частицами. Показано, что крупные агрегаты способны вызывать механическое повреждение гепатоцитов, провоцировать развитие воспалительных реакций и, при длительной экспозиции, способствовать развитию фиброзных изменений [10].

Полученные результаты подчеркивают необходимость дальнейших исследований, направленных на изучение долгосрочных эффектов накопления МП разного размера, оценку влияния хронической экспозиции на функции печени, а также разработку методов профилактики и коррекции потенциальных нарушений, вызванных накоплением МП в организме.

Таким образом, размер МП является важным фактором, определяющим его распределение в печени, что необходимо учитывать при оценке экологических и ветеринарных рисков, связанных с загрязнением окружающей среды.

Заключение. Проведенные исследования показали, что при поступлении в организм частиц микропластика степень его распределения в печени напрямую зависит от размера частиц. Наиболее интенсивное поступление микропластика в печень наблюдается с частицами размером 1000 нм, по сравнению с частицами размером 500 нм. Полученные результаты подтверждают необходимость дальнейшего изучения особенностей распределения частиц микропластика в различных органах и тканях, а также поиска эффективных способов их выведения из организма или нейтрализации.

Conclusion. These studies have shown that when microplastic particles enter the body, their distribution in the liver directly depends on their size. The highest rate of microplastic uptake into the liver is observed with particles 1000 nm in size, compared to particles 500 nm in size. These results confirm the need for further study of the distribution of microplastic particles in various organs and tissues, as well as the search for effective methods for their removal from the body or neutralization.

Список литературы.

1. *Microplastics pollution in wastewater: Characteristics, occurrence and removal technologies* / X.-T.Bui, T.-D.-H.Vo, P.-T.Nguyen [et al.] // *Env Tech & Innov.* – 2020. – № 19. – P. 1–18. – URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.eti.2020.101013> (дата обращения 30.04.2025).
 2. Репина, Э. Ф. Предварительная оценка распределения микрочастиц пластика размером 500 нм в органах крыс при однократном поступлении / Э. Ф. Репина, Д. О. Каримов, Э. Р. Кудояров // *Медицина труда и экология человека.* – 2025. – № 1. – С. 113–125. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predvaritelnaya-otsenka-raspredeleniya-mikrochastits-plastika-razmerom-500-nm-v-organah-kryis-pri-odnokratnom-postuplenii> (дата обращения: 23.06.2025).
 3. Andrady, A. L. The plastic in microplastics: A review / A. L. Andrady // *Marine Pollution Bulletin.* – 2017. – № 19. – P. 12–22. – DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.082.
 4. Stock, V., Uptake and cellular effects of PE, PP, PET and PVC microplastic particles / V. Stock, C. Laurisch, J. Franke // *Toxicology in Vitro.* – 2020. – № 70 (1). – P. 105021. – DOI:10.1016/j.tiv.2020.105021].
 5. Microplastic-mediated new mechanism of liver damage: From the perspective of the gut-liver axis / X.Wang, K.Deng, P.Zhang [et al.] // *Sci Total Environ.* – 2024. – № 919. – P. 170962. – doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.170962.
 6. Nanoplastics and Microplastics May Be Damaging Our Livers / J. Yin, Y. Ju, H. Qian [et al.] // *Toxics.* – 2022. – № 10. – P.586. – doi: 10.3390/toxics10100586.
 7. Prata, J. C. Microplastics in Terrestrial Domestic Animals and Human Health: Implications for Food Security and Food Safety and Their Role as Sentinels / J. C. Prata, P. Dias-Pereira // *Animals (Basel).* – 2023. – № 13(4). – P. 661. – doi: 10.3390/ani13040661.
 8. Prata, J. C. Microplastics and human health: Integrating pharmacokinetics / J. C. Prata // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.* – 2023. – Vol. 53, № 16. – P. 1489–1511. – doi.org/10.1080/10643389.2023.2195798
 9. Zhang, D. Microplastics are detected in human gallstones and have the ability to form large cholesterol-microplastic heteroaggregates / D.Zhang, C. Wu, Y. Liu // *J. Hazard. Mater.* – 2024. – № 467. – P. 133631. – doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.133631.
 10. Horvatits, T. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue / T. Horvatits, M. Tamminga, B. Liu // *EBioMedicine.* – 2022. – Aug. 82. – P. 104147.– doi: 10.1016/j.ebiom.2022.104147.
- References.**
1. *Microplastics pollution in wastewater: Characteristics, occurrence and removal technologies* / X.-T.Bui, T.-D.-H.Vo, P.-T.Nguyen [et al.] // *Env Tech & Innov.* – 2020. – № 19. – P. 1–18. – URL: <https://www.sci-hub.ru/10.1016/j.eti.2020.101013> (data obrasheniya 30.04.2025).
 2. Repina, E. F. Predvaritelnaya ocenka raspredeleniya mikrochastich plastika razmerom 500 nm v organah kryis pri odnokratnom postuplenii / E. F. Repina, D. O. Karimov, E. R. Kudoyarov // *Medicina truda i ekologiya cheloveka.* – 2025. – № 1. – S. 113–125. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predvaritelnaya-otsenka-raspredeleniya-mikrochastits-plastika-razmerom-500-nm-v-organah-kryis-pri-odnokratnom-postuplenii> (data obrasheniya: 23.06.2025).
 3. Andrady, A. L. The plastic in microplastics: A review / A. L. Andrady // *Marine Pollution Bulletin.* – 2017. – № 19. – P. 12–22. – DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.01.082.
 4. Stock, V., Uptake and cellular effects of PE, PP, PET and PVC microplastic particles / V. Stock, C. Laurisch, J. Franke // *Toxicology in Vitro.* – 2020. – № 70 (1). – P. 105021. – DOI:10.1016/j.tiv.2020.105021].
 5. Microplastic-mediated new mechanism of liver damage: From the perspective of the gut-liver axis / X.Wang, K.Deng, P.Zhang [et al.] // *Sci Total Environ.* – 2024. – № 919. – P. 170962. – doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.170962.
 6. Nanoplastics and Microplastics May Be Damaging Our Livers / J. Yin, Y. Ju, H. Qian [et al.] // *Toxics.* – 2022. – № 10. – P.586. – doi: 10.3390/toxics10100586.
 7. Prata, J. C. Microplastics in Terrestrial Domestic Animals and Human Health: Implications for Food Security and Food Safety and Their Role as Sentinels / J. C. Prata, P. Dias-Pereira // *Animals (Basel).* – 2023. – № 13(4). – P. 661. – doi: 10.3390/ani13040661.
 8. Prata, J. C. Microplastics and human health: Integrating pharmacokinetics / J. C. Prata // *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.* – 2023. – Vol. 53, № 16. – P. 1489–1511. – doi.org/10.1080/10643389.2023.2195798
 9. Zhang, D. Microplastics are detected in human gallstones and have the ability to form large cholesterol-microplastic heteroaggregates / D.Zhang, C. Wu, Y. Liu // *J. Hazard. Mater.* – 2024. – № 467. – P. 133631. – doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.133631.
 10. Horvatits, T. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue / T. Horvatits, M. Tamminga, B. Liu // *EBioMedicine.* – 2022. – Aug. 82. – P. 104147.– doi: 10.1016/j.ebiom.2022.104147.

Поступила в редакцию 23.06.2025.

СОДЕРЖАНИЕ

Ветеринария

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | ВЛИЯНИЕ ПРЕПАРАТОВ «ЭНРОФЛОКСОВЕТФЕРОН-Б» И «БИФЕРОН-С» НА СОСТАВ МИКРОБИОТЫ МАТОЧНО-ВАГИНАЛЬНЫХ ВЫДЕЛЕНИЙ И РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ГЕНОВ АНТИБИОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ КОРОВ, БОЛЬНЫХ ЭНДОМЕТРИТОМ
Сыромятников М.Ю., *Шабунин С.В., **Погорелова С.В., *Кривоносова Д.С., *Михайлов Е.В.
*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация
**ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, Российская Федерация
***ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Российская Федерация | 4 |
| 2. | МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОСУДИСТОГО СПЛЕТЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА У РЕЧНОЙ ВЫДРЫ В ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ НА ТЕРРИТОРИИ ВЫСОКОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
Федотов Д.Н., Ковалев К.Д., Тылькович Д.Е.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь | 10 |
| 3. | ДИНАМИКА МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ТОЩЕЙ КИШКИ У ПОРОСЯТ С ПЕРИНАТАЛЬНОЙ ГИПОТРОФИЕЙ НА ФОНЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ПРОСТИМУЛ»
Шутиков В.А., Степанов Д.С., Семенова Е.В., Михайлов Е.В.
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация | 16 |

Зоотехния

- | | | |
|----|--|----|
| 4. | КОМПЛЕКСНЫЙ ОТБОР СВИНОМАТОК С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРА ПОЛИМОРФИЗМА ДНК-МАРКЕРОВ EPOB И MUS4 (in 7) И ПРИ ПОМОЩИ ИНДЕКСА «РЕЙТИНГ СВИНОМАТКИ ОСНОВНОГО СТАДА С УЧЕТОМ МНОГОПЛОДИЯ» ПРИ СЕЛЕКЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ
Дойлидов В.А.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь | 26 |
| 5. | ПОЛИМОРФИЗМ КОМПЛЕКСОВ ДНК-МАРКЕРОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ СВИНЕЙ
Дойлидов В.А.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь | 31 |
| 6. | АКТУАЛИЗАЦИЯ ФОРМУЛ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОСПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КАЧЕСТВ СВИНОМАТОК С УЧЕТОМ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
Дойлидов В.А.
УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь | 36 |
| 7. | ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «МАГНИФИДПЛУС-С» В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ
*Карпеня М.М., **Клундук Л.Ф., *Горовенко М.В., *Подрез В.Н., *Медведская Т.В., *Карпеня С.Л., *Гуйван В.В., *Горовенко А.Н., ***Капитонова Е.А.
*УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь
**ЗАО «Консул», г. Брест, Республика Беларусь
***УО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация | 42 |

8. **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА «ЭКОЦИД С» ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ИНКУБАЦИОННЫХ ЯИЦ** 46
 Коновалова Е.М., Капитонова Е.А., Пеньшина Е.Ю.
 ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация
9. **ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ: ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЖИЗНЕННЫЙ ТОНУС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПТИЦ** 51
 Кочиш И.И., Капитонова Е.А., Везубова Н.А.
 ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», г. Москва, Российская Федерация
10. **РУБЦОВОЕ ПИЩЕВАРЕНИЕ, ПЕРЕВАРИМОСТЬ КОРМА И ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У КОРОВ ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ В РАЦИОН КОНЦЕНТРАТА КОРМОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО «ЭНЕРГОПАК»** 56
 Маркевич А.В., Карпеня М.М.
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь.
11. **ПРИМЕНЕНИЕ В КОРМЛЕНИИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ** 60
 Шульга Л.В., Медведева К.Л., Горячева Д.Ю., Лобановская С.А., Шаура Т.А.
 УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

Биология

12. **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ. ВЛИЯНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ РАСТВОРА БЕНЗОАТА НАТРИЯ И СОЛЯНОЙ КИСЛОТЫ НА ЗДОРОВЬЕ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС** 65
 Акимова М.А., Акимов Д.Ю., Бармина Т.Г., Веснина Е.В., Макарова М.Н., Петлицкая С.С., Бондарева Е.Д.
 АО «НПО «ДОМ ФАРМАЦИИ», Ленинградская обл., Всеволожский район, г.п. Кузьмолловский, Российская Федерация
13. **РЕАКЦИЯ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС НА ФАЛЬСИФИЦИРОВАННЫЕ ПРОДУКТЫ РЫБНОГО ПРОИЗВОДСТВА** 70
 Кухаренко Н.С., Сосновский И.Е., Миллер Т.В., Литвинова З.А.
 ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный аграрный университет», г. Благовещенск, Российская Федерация
14. **ВЛИЯНИЕ ТЕМНОВОЙ ДЕПРИВАЦИИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ФЕТОТОКСИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ** 77
 Пашинская Е.С., Соболевская И.С., Хныков А.М., Гулина А.К., Побяржин В.В., Матвеев Д.С.
 УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет», г. Витебск, Республика Беларусь
15. **ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА В ПЕЧЕНИ КРЫС** 81
 *Хмель А.О., *Кудояров Э.Р., *Валова Я.В., *Хуснутдинова Н.Ю., *Рябова Ю.В., *Каримов Д.Д., ***Каримов Д.О.
 *ФБУН «Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека», г. Уфа, Российская Федерация
 **ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», г. Москва, Российская Федерация

Ответственный за выпуск О. С. Горлова
Технический редактор Е. А. Алисейко
Компьютерная верстка Е. В. Морозова
Корректоры Т. А. Никитенко, Е. В. Морозова
Редактор-переводчик А. И. Картунова

Подписано в печать 03.12.2025 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Печать ризографическая. Усл. п. л. 10,23. Уч.-изд. л. 8,80.
Тираж 50 экз. Зак. 5624.

Издатель: учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета»
государственная академия ветеринарной медицины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/ 362 от 13.06.2014.
Ул. 1-я Доватора, 7/11, 210026, г. Витебск.
Тел.: (0212) 48-17-70.
E-mail: rio@vsavm.by
<http://www.vsavm.by>

Полиграфическое исполнение:
унитарное полиграфическое предприятие
«Витебская областная типография».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 2/19 от 26.11.2013.
Ул. Щербакова-Набережная, 4, 210015, г. Витебск

ISBN 2078-0109



9 772078 010007