

Международный
научно-практический
журнал



2/2025

И ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫЙ МИР



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелеского»
г. Минск

Журнал включен в список Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Беларуси по отраслям: ветеринарные науки, биологические науки, сельскохозяйственные науки, приказ ВАК № 101 от 04.07.2005 г.

Учредители: РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского», ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности РАН»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Борисовец Д.С. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Русинович А.А. – доктор ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Стрельчenea И.И. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Щемелева Н.Ю. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

Бучукури Д.В. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

Зубовская И.В. – кандидат ветеринарных наук, Республика Беларусь

Ананчиков М.А. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

Згировская А.А. – кандидат биологических наук, Республика Беларусь

Тяпша Ю.И. – кандидат ветеринарных наук, доцент, Республика Беларусь

Зинина Н.В. – кандидат биологических наук, Республика Беларусь

Лукьянчик С.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь

Кучинский М.П. – доктор ветеринарных наук, профессор, Республика Беларусь

Белова Л.М. – доктор биологических наук, профессор, Российская Федерация

Бычкова Е.И. – доктор биологических наук, профессор, Республика Беларусь

Гавриченко Н.И. – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Республика Беларусь

Коломиец Э.И. – доктор биологических наук, профессор, академик НАН Беларуси, Республика Беларусь

Каплич В.М. – доктор биологических наук, профессор, Республика Беларусь

Кочиш И.И. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Российская Федерация

Пестис В.К. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, Республика Беларусь

Племяшов К.В. – доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН, Российская Федерация

Позябин С.В. – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН, Российская Федерация

Чистенко Г.Н. – доктор медицинских наук, профессор, Республика Беларусь

Шейко И.П. – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси, Республика Беларусь

Ярыгина Е.И. – доктор биологических наук, профессор, Российская Федерация

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Ларькова А.Е.

Лукьянова И.А.

Пуныко С.Г.

При использовании авторами материалов журнала «Эпизоотология Иммунобиология Фармакология Санитария» ссылка на журнал обязательна

Все статьи рецензируются

Редакция не несет ответственности за возможные неточности, допущенные авторами. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов

© «Эпизоотология Иммунобиология Фармакология Санитария», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Дубаневич О.В., Тяпша Ю.И., Васюкевич Т.А. МОНИТОРИНГ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ ПЦР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОЭНТЕРИТОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В БЕЛАРУСИ 3

Климко Т.И., Архипова Н.В., Зинина Н.В. ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШМЕЛЕЙ ДЛЯ ОПЫЛЕНИЯ В АГРАРНОЙ ПРАКТИКЕ 8

Борисовец Д.С., Красочко П.А., Зуйкевич Т.А., Морозов А.М. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО ЛАКТОФЕРРИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОЛОКА ТРАНСГЕННЫХ КОЗ, С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СУБСТАНЦИЯМИ 17

Василькова В.П., Щемелева Н.Ю., Погуляева Т.Д. СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА РЕПЕЛЛЕНТНОГО СРЕДСТВА 24

Притыченко А.Н., Емельянов М.А., Кузьминский И.И., Кныш Н.В. ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ КРАСНОГО КУРИНОГО КЛЕЩА *DERMANYSSUS GALLINAE* 28

Тяпша Ю.И., Стрельчяня И.И., Дубаневич О.В., Андруевич А.С., Черевако О.В. ДЕКОНТАМИНАЦИЯ ЛИНИЙ КУЛЬТУР КЛЕТОК ОТ МИКОПЛАЗМ И АХОЛЕПЛАЗМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ 33

Красочко И.А., Красочко П.А., Черноков А.И. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО ИНТЕРФЕРОНА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ТЕЛЯТ 39

Швед И.М., Пунько А.И. ЖИВОТНОВОДСТВО КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 45

К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ РОМАНА СЕМЁНОВИЧА ЧЕБОТАРЁВА (1905–1981) 49

CONTENTS

Dubanevich A.V., Tsiapsha Y.I., Vasiukevich T.A. MONITORING AND COST-EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION DOMESTIC PCR TEST SYSTEMS FOR DIAGNOSTICS PNEUMOENTERITIS OF CATTLE IN BELARUS

Klimko T.I., Arkhipova N.V., Zinina N.V. POLLINATION ACTIVITIES OF BUMBLEBEES IN AGRICULTURAL PRACTICE: CHALLENGES AND SOLUTIONS

Borisovets D.S., Krasochko P.A., Zuykevich T.A., Morozov A.M. RESULTS OF THE STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF RECOMBINANT LACTOFERRIN OBTAINED FROM MILK OF TRANSGENIC GOATS WITH ANTIBACTERIAL SUBSTANCES

Vasilkova V.P., Schemeleva N.Yu., Pogulyaeva T.D. SCHEME OF USING THE EXPERIMENTAL SAMPLE OF REPELLENT AGENT

Prytychenko A.N., Emelyanov M.A., Kuzminsky I.I., Knysh N.V. EFFECT OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE VIABILITY OF VARIOUS STAGES OF DEVELOPMENT OF THE RED CHICKEN TICK *DERMANYSSUS GALLINAE*

Tsiapsha Yu.,I., Streatchenia I.I., Dubanevich A.V., Andrushevich A.S., Cherevako O.V. METHODS OF DECONTAMINATION OF CELL LINES FROM MYCOPLASMAS AND ACHOLEPLASMAS USING ANTIBACTERIAL DRUGS

Krasochko I.A., Krasochko P.A., Chernokov A.I. EVALUATION OF THE EFFECT OF RECOMBINANT INTERFERON ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF CALVES 'BLOOD

Shved I.M., Punko A.I. MANURE RECYCLING AS A MEANS OF REDUCE ECOLOGICAL PRESSURE ON THE ENVIRONMENT

TO THE 120TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF ROMAN SEMENOVICH CHEBOTARYOV (1905–1981)

Компьютерная верстка: Лукьянова И.А.

Подписано в печать 08.12.2025 г.

Формат 60×84^{1/8} Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Уч.-изд. л. , усл. печ. л. 6,05 . Тираж 50 экз. Заказ №

220063, г. Минск, ул. Брикета, 28. E-mail: bievmtut.by; office@bievm.by; knir@tut.by; knir@bievm.by

Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».

Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/161 от 27.01.2014, № 2/41 от 29.01.2014.

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск

Дубаневич О.В., старший научный сотрудник
Тяпша Ю.И., кандидат ветеринарных наук, доцент
Васюкевич Т.А., химик

РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеслесского», г. Минск,
Республика Беларусь

МОНИТОРИНГ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТЕСТ-СИСТЕМ ПЦР ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПНЕВМОЭНТЕРИТОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В БЕЛАРУСИ

Резюме

В статье представлены результаты мониторинга пневмоэнтеритов крупного рогатого скота в Республике Беларусь за 2024–2025 гг., анализ циркуляции возбудителей за период 2020–2025 гг. и оценка экономической эффективности внедрения отечественных тест-систем ПЦР. Установлена статистически значимая тенденция к росту доли ассоциативных форм инфекции, вызванной вирусом диареи, с 63 % до 77 % ($p < 0,05$). Подтверждена высокая рентабельность применения разработанных диагностических средств (экономический эффект – 5,1 руб. на 1 руб. затрат).

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, диагностика, пневмоэнтериты, вирус диареи, инфекционный ринотрахеит, парагрипп-3, ротавирус, коронавирус, экономическая эффективность, ассоциативные инфекции, доверительный интервал.

Summary

The article presents the results of monitoring bovine pneumoenteritis in the Republic of Belarus in 2024–2025, an analysis of the dynamics of pathogen circulation over the period 2020–2025, and an assessment of the economic efficiency of implementing domestic PCR test systems. A statistically significant trend towards an increase in the proportion of associative forms of infection caused by bovine viral diarrhea virus from 63 % to 77 % has been established ($p < 0,05$). The high cost-effectiveness of the developed diagnostic tools is confirmed (economic benefit of 5,1 rubles per 1 ruble spent).

Keywords: polymerase chain reaction, diagnostics, pneumoenteritis, bovine viral diarrhea virus, infectious bovine rhinotracheitis, parainfluenza-3, rotavirus, coronavirus, cost-effectiveness, associative infections, confidence interval.

Поступила в редакцию 03.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Смешанные пневмоэнтериты молодняка крупного рогатого скота (КРС) представляют собой одну из наиболее сложных и экономически значимых проблем современного животноводства Беларуси [2, 6, 7]. Эти заболевания традиционно ассоциируются с комплексом вирусных патогенов, среди которых доминируют вирусы вирусной диареи (ВД), инфекционного ринотрахеита (ИРТ), парагриппа-3 (ПГ-3), а также рота- и коронавирусных инфекций [1, 3, 8]. В предыдущих исследованиях нами было установлено, что данные инфекции в стационарно неблагополучных хозяйствах часто протекают в субклинической или ассоциативной форме, что существенно затрудняет их своевременную диагностику и эффективный контроль [6, 7]. В связи с этим для

снижения падежа животных важно постоянно отслеживать, какие именно возбудители вызывают болезни. Для этого необходимо использовать современные методы лабораторной диагностики [2].

В условиях импортозамещения особенно актуальны отечественные диагностикумы. Ранее нами были разработаны и зарегистрированы тест-системы для ПЦР-детекции основных вирусных патогенов [5].

Целью настоящей работы стал анализ динамики за 2020–2025 гг. состава возбудителей при пневмоэнтеритах КРС, а также оценка практической и экономической эффективности применения разработанных тест-систем для молекулярно-генетической диагностики в современных эпизоотических условиях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мониторинговые исследования проводили в 2024–2025 гг. Для детекции генетических маркеров возбудителей инфекций КРС применяли молекулярно-генетические методы исследований, при этом использовали следующее оборудование и материалы:

а) приборы и расходные материалы: ламинар, бытовой холодильник, термостат, микротермостат «BIOSAN-CH100» (Латвия), амплификатор «С 1000 Thermal Cycler», «BIO-RAD» (США), паровые автоклавы, микроцентрифуга высокоскоростная (14000 об/мин), «Joan» (Франция), комплект автоматических пипеток «SOCOREX» (Швейцария) 0,1–2,0 мкл, 0,5–10,0 мкл, 20,0–200,0 мкл, 100,0–1000,0 мкл, 1,0–10,0 мл и наконечники к ним (с фильтрами и без фильтров), пробирки типа «Эппендорф» вместимостью 0,5 и 1,5 мл, вортекс «BIOSAN» (Латвия), пробирки для ПЦР 0,2 мл для прибора «С 1000 Thermal Cycler», система для электрофореза «Consort» (Бельгия), Gel Doc XR и программа imageLab Software, «BIO-RAD» (США), весы RADWAG AS 220/X (Польша).

б) реактивы: тест-системы для детекции геномов возбудителей пневмоэнтеритов КРС, разработанные в отделе молекулярно-генетической диагностики и генной инженерии РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского», маркер молекулярного веса «GeneRuler 50 bp Ladder», «Fermentas» (Литва), агароза, «Helicon», (Россия), бромистый этидий, «Sigma» (США), буфер для нанесения проб, праймеры (олигонуклеотиды), «Праймтех» (Республика Беларусь), ArtMix-RT ревертаза, ООО «Арт БиоТех» (Республика Беларусь), вода Milli-Q [6, 7].

Объектом исследований служили пробы биоматериала КРС с клиническими признаками пневмоэнтеритов (фекалии, назальные смывы, сыворотка крови, патологический материал). Для обеспечения репрезентативности выборка формировалась из хозяйств всех областей Беларуси. Всего за отчётный период исследовано 967 биологических проб. Диагностика была направлена на выявление широкого спектра вирусных (ВД, ИРТ, ПГ-3, рота-, коро-

на-, аденовирусы) и бактериальных (*Pasteurella* spp., *Mannheimia* spp., *Mycoplasma* spp., *Clostridium* spp.) патогенов.

Лабораторные исследования выполнены в отделе молекулярно-генетической диагностики и генной инженерии. Выделение нуклеиновых кислот проводили с использованием набора «АмплиПрайм РИБО-сорб» (Россия). Детекцию специфических генетических маркеров для выявления возбудителей болезней КРС осуществляли методом ОТ-ПЦР/ПЦР с применением разработанных и зарегистрированных нами тест-систем для выявления возбудителей: вируса ВД (ТУ ВУ 600049853.277-2015), коронавируса (ТУ ВУ 600049853.280-2015), вируса ПГ-3 (ТУ ВУ 600049853.279-2015), ротавируса (ТУ ВУ 600049853.278-2015) и вируса ИРТ (ТУ ВУ 600049853.281-2017) [5]. Амплификацию проводили с использованием универсальной смеси «ArtMix-RT» на термоциклере «С 1000 Thermal Cycler», «Bio-Rad» (США). В качестве положительных контролей использовали штаммы вирусов, депонированные в РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского»: вирус ВД – штамм «КМИЭВ-V120» и изолят ВД 2-го типа; коронавирус – штамм «КМИЭВ-V122»; вирус ПГ-3 – штамм «КМИЭВ-V124»; ротавирус – штамм «КМИЭВ-V116»; вирус ИРТ – штамм «КМИЭВ-V123». Все тест-системы показали высокую аналитическую чувствительность (1 ТЦД₅₀/мл).

Часть исследований проводилась в рамках заданий 3.15 и 3.20 ГПНИ, касающихся идентификации бактериальных изолятов и создания банка идентифицированных изолятов инфекционных биологических агентов. В результате молекулярно-генетическими и бактериологическими методами было выделено 5 изолятов, которые идентифицированы как *Mannheimia haemolytica*, *Pasteurella multocida*, *Escherichia coli*, *Mycoplasma species*.

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартных методов вариационной статистики. Для оценки количества положительных образцов рассчитали доверительный интервал (ДИ) по методу Клоппера-Пирсона – 95 %. Сравнение количества положительных образцов между периодами наблюдения

2020–2021 и 2024–2025 гг. выполняли с использованием непараметрических статистических методов с уровнем значимости $p < 0,05$.

Расчеты экономической эффективности применения тест-систем оценивали на основе анализа экспертиз в хозяйствах Республики Беларусь согласно рекомендациям [4] с учетом прямых затрат на диагностику и предотвращенного ущерба.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2024–2025 гг. вирус ВД был обнаружен в 14,7 % от общего числа исследованных проб от КРС (ДИ 95 %: 12,5–17,2 %) – 142 случая из 967, что подтверждает его стабильно высокую циркуляцию в популяции КРС Беларуси. Положительные пробы регистрировались во всех исследованных областях Республики Беларусь. Эти результаты свидетельствуют не о спорадических случаях, а о повсеместной циркуляции вируса ВД, чему способствует персистенция вируса и формирование латентно инфицированного поголовья.

Из 142 проб, положительных на ВД, 39 проб – 27,5 % (ДИ-95 %: 20,3–35,8 %) – представляли собой ассоциации с другими вирусными или бактериальными патогенами. Таким образом, более четверти всех случаев инфицирования ВД КРС протекает в форме микс-инфекции, что существенно усложняет клиническую картину, патогенез и, как следствие, проведение лечебно-профилактических мероприятий.

Анализ этих ассоциаций позволил выявить наиболее распространенные комбинации возбудителей. Чаще всего выявлялась ассоциация «ВД + ротавирус» – в 19 пробах, что составляет 48,7 % от общего числа ассоциативных проб ($n=39$). Немного уступает ей по частоте сочетание «ВД + коронавируса» – 16 проб (41,0 %), ассоциация «ВД + клостридии» была обнаружена в 14 пробах (35,9 %). Реже встречались сочетания «ВД + ИРТ» – 7 проб, 17,9 % «ВД + ПГ-3» – 6 проб, 15,4 %.

Кроме ВД, среди вирусных патогенов наиболее часто встречались генетические маркеры ротавируса (44 пробы) и коронавируса (33 пробы), вируса ПГ-3 (22 пробы), аденовируса (9 проб) и вируса ИРТ (16 проб). Также регистрировались ассоциации с клостридиями (40 проб) и мико-

плазмами (*Mycoplasma species* – 33 пробы, *Mycoplasma bovis* – 8 проб). Также выявлялись *Mannheimia* spp. (11 проб), *Pasteurella* spp. (5 проб), *Salmonella species* (8 проб) и в единичном случае – *Chlamydia* spp. (1 проба).

Сравнение результатов исследований за периоды 2020–2021 гг. и 2024–2025 гг. [6, 7] выявило, что удельный вес ассоциативных форм среди всех случаев инфицирования вирусом ВД статистически значимо увеличился – с 63 % до 77 %.

Был проведен анализ данных в разрезе обследованных хозяйств. Первое место по масштабу распространения занимает клостридиоз. Признаки циркуляции данного возбудителя были обнаружены в 208 из 334 обследованных по этой нозологии хозяйств, что составляет 62,3 %.

Аналогично широкое распространение характерно для ротавирусной инфекции, выявленной в 47,8 % обследованных хозяйств. Особого внимания заслуживают микоплазменные инфекции (*Mycoplasma species*), которые были диагностированы в 54,7 % проверявшихся хозяйств.

ВД и ПГ-3, несмотря на относительно широкий охват хозяйств (27,9 % и 23,6 % соответственно), характеризуются низким процентом положительных проб – 15,1 % и 10,3 %. Это позволяет интерпретировать их распространение как спорадическое или связанное с наличием латентно инфицированных животных, у которых вирус выделяется непостоянно.

ИРТ выявлен в 26,9 % хозяйств при небольшой доле положительных проб – 10,5 %, что является классическим признаком латентной герпесвирусной инфекции.

Расчет экономического эффекта учитывал прямые затраты на проведение ПЦР-анализа, косвенные затраты, а также предотвращенный ущерб. Всего в 2024–2025 гг. с использованием разработанных тест-систем проведено 415 диагностических экспертиз. Исследования охватили 172 хозяйства из всех областей республики. Экономический эффект от применения отечественных тест-систем ПЦР составил 5,1 руб. на 1 руб. затрат.

Высокий показатель экономической эффективности подтверждает рентабельность внедрения разработанных тест-систем. Реальная отдача может быть выше при учете долгосрочных эффектов (улуч-

шение общего эпизоотического статуса стада, повышение конверсии корма и репродуктивных показателей).

Разработанные тест-системы успешно внедрены в ветеринарную диагностическую практику. Успешная коммерциализация патента ВУ 23273 [5] и его выход в финал конкурса «Лучший патент Беларуси 2024» подтверждают научную и практическую значимость разработок в условиях импортозамещения и их востребованность в ветеринарной практике.

Широкие доверительные интервалы для некоторых показателей (например, для доли ассоциаций среди ВД-положительных проб – 20,3–35,8 %) отражают вариабельность эпизоотического процесса в разных хозяйствах, что подчеркивает необходимость индивидуального диагностического подхода.

Низкий процент положительных проб при широком охвате хозяйств для ВД, ИРТ и ПГ-3 статистически подтверждает наличие латентного носительства, при котором вирус циркулирует в популяции, создавая постоянный фон риска возникновения вспышек при действии стресс-факторов.

Доминирование ассоциаций «ВД + ротавирус» и «ВД + коронавирус» указывает на синергизм патогенов, поражающих желудочно-кишечный тракт, что может приводить к более тяжелому течению энтеритов. Высокий удельный вес ассоциации с клостридиями (35,9 %) свидетельствует о важности условно-патогенной микрофлоры, активизирующейся на фоне вирусного иммуносупрессивного действия.

Данные наших исследований подтверждают, что смешанные вирусно-бактериальные инфекции – характерная черта пневмоэнтеритов КРС в Беларуси [6, 7]. Это требует пересмотра подходов к диагностике и профилактике. Эффективный контроль должен быть направлен на комплексное выявление и мониторинг ключевых патогенных ассоциаций.

Распространенность клостридиоза, рота- и коронавирусной инфекций в хозяйствах требует усиления мер профилактики именно против этих патогенов.

Следующим логичным шагом, диктуемым результатами мониторинга, является создание мультиплексных ПЦР-систем, ориентированных на выявление конкретных ассоциаций («ВД + ротавирус», «ВД + клостридии»). Согласно нашим расчетам, такой переход может повысить экономическую эффективность диагностики еще на 25–35 % за счет сокращения затрат и реактивов на одно комплексное исследование, одновременно повышая его диагностическую полноту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований обосновывают необходимость регулярного мониторинга изменчивой этиологической структуры пневмоэнтеритов КРС и применения комплексной ПЦР-диагностики.

Установлена стабильно высокая циркуляция вируса ВД КРС в Беларуси с достоверной тенденцией к росту доли ассоциативных форм инфекции – с 63 % до 77 % за период 2020–2025 гг. ($p < 0,05$), где под долей ассоциативных форм подразумевается процент проб, в которых вирус ВД был обнаружен в ассоциации с другими патогенами, от общего числа положительных на ВД проб. Ведущую роль в ассоциациях, наряду с рота- и коронавирусами, играют бактериальные патогены (клостридии, микоплазмы).

Доказан высокий экономический эффект применения отечественных тест-систем ПЦР для диагностики пневмоэнтеритов – 5,1 руб. на 1 руб. затрат. Высокая экономическая эффективность подтверждает правильность выбранной стратегии разработки и внедрения собственных диагностических средств, что способствует повышению эпизоотического благополучия и экономической устойчивости животноводства Республики Беларусь.

Учитывая, что более 70 % случаев пневмоэнтеритов обусловлено смешанной инфекцией, важным направлением является развитие мультиплексной ПЦР-диагностики для одновременного выявления основных патогенов, что повысит оперативность и эффективность контроля заболеваний.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вирусная диарея – болезнь слизистых оболочек КРС / А. Г. Глотов [и др.]; РАСХН, Сиб. отделение, ГНУ ИЭВСиДВ. – Новосибирск, 2006. – 28 с.
2. Дубаневич, О. В. Вирусные пневмоэнтериты крупного рогатого скота в хозяйствах Республики Беларусь / О. В. Дубаневич, Ю. И. Тяпша // Эпизоотология Иммунология Фармакология Санитария. – 2022. – № 2. – С. 35–41.
3. Инфекционные болезни животных / В. А. Кузьмин, А. С. Алиев, Ю. Ю. Данко [и др.]. – СПб.: Лань, 2007. – С. 198–202.
4. Лазовский, В. А. Определение экономической эффективности ветеринарных мероприятий: рекомендации / В. А. Лазовский, Д. Д. Морозов; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. – Витебск: УО ВГАВМ, 2019. – 48 с.
5. Патент BY 23273. Синтетические олигонуклеотидные праймеры и способ диагностики вирусной диареи крупного рогатого скота: № a20180323: заявл. 06.07.2018: опубл. 26.11.2020 / О. В. Дубаневич, Ю. И. Тяпша.
6. Современные методы диагностики и этиологическая роль *Mannheimia haemolytica* в респираторной патологии крупного рогатого скота / Ю. И. Тяпша, О. В. Дубаневич, Н. Ю. Аникевич, Н. О. Малащенко // Эпизоотология Иммунология Фармакология Санитария. – 2024. – № 2. – С. 27–33.
7. Тяпша, Ю. И. Мониторинг респираторной патологии крупного рогатого скота в Республике Беларусь / Ю. И. Тяпша, О. В. Дубаневич, Н. О. Малащенко // Эпизоотология Иммунология Фармакология Санитария. – 2025. – № 1. – С. 31–36.
8. Cytopathic bovine viral diarrhoea viruses (BVDV): emerging pestiviruses doomed to extinction / E. Peterhans, C. Bachofen, H. Stalder, M. Schweizer // Vet Res. 2010 Nov-Dec; 41(6): 44.

ТЕСТ-СИСТЕМЫ

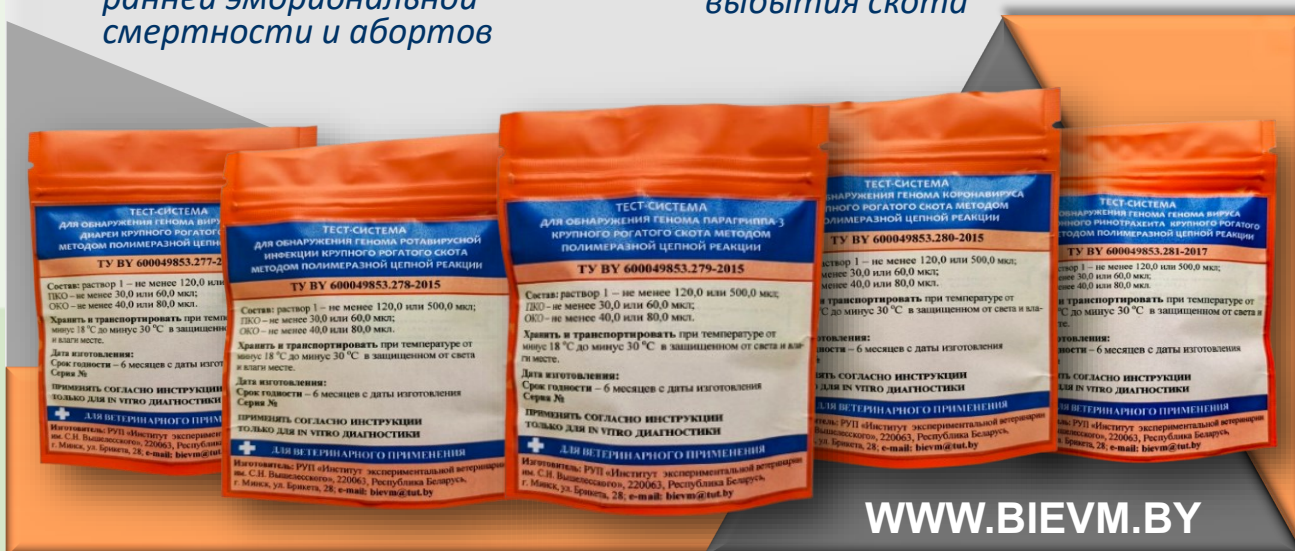
ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ГЕНОМОВ ВИРУСОВ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА:

- ВИРУСНОЙ ДИАРЕИ;
- РЕСПИРАТОРНО-СИНЦИТИАЛЬНОЙ ИНФЕКЦИИ;
- ПАРАГРИППА-3;
- ИНФЕКЦИОННОГО РИНОТРАХЕИТА;
- РОТА- И КОРОНАВИРУСОВ

– постановка
достоверного диагноза
в течение 5–8 ч

– предупреждение
пневмоэнтеритов, бесплодия,
ранней эмбриональной
смертности и аборт

– значительное снижение
непроизводительного
выбытия скота



WWW.BIEVM.BY

Климко Т.И., магистр сельскохозяйственных наук
Архипова Н.В., кандидат ветеринарных наук
Зинина Н.В., кандидат биологических наук

РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеселеского», г. Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШМЕЛЕЙ ДЛЯ ОПЫЛЕНИЯ В АГРАРНОЙ ПРАКТИКЕ

Резюме

В статье рассмотрена роль шмелей *Bombus spp.* как высокоэффективных опылителей в аграрных экосистемах. Освещены морфологические и поведенческие особенности, обеспечивающие преимущества шмелей перед медоносной пчелой *Apis mellifera*, включая способность к вибрационному опылению, активность при низких температурах и в условиях пониженной освещённости. Приведён обзор зарубежного опыта использования шмелей в сельском хозяйстве (ЕС, Канада, Япония, Украина), включая их влияние на урожайность и качество продукции. Описаны экологические угрозы, такие как неоникотиноиды и изменение климата, а также меры по сохранению шмелей в условиях Беларуси. Сделан вывод о высокой целесообразности применения шмелей в защищённом и открытом грунте.

Ключевые слова: шмели, опыление, сельское хозяйство, теплицы, устойчивость, биоразнообразие, климат, Беларусь.

Summary

This article explores the role of bumblebees *Bombus spp.* as highly effective pollinators in agricultural ecosystems. It outlines morphological and behavioral characteristics that provide bumblebees with clear advantages over the honey bee *Apis mellifera*, including the ability to perform buzz pollination, forage in low temperatures and under reduced light. The paper presents an overview of international practices in the use of bumblebees in agriculture (including the EU, Canada, Japan, and Ukraine), emphasizing their impact on crop yield and quality. The study also highlights key ecological threats such as neonicotinoid pesticides and climate change, and identifies measures aimed at bumblebee conservation under the conditions of Belarus. It was concluded that it is highly advisable to use bumblebees in protected and open ground.

Keywords: bumblebees, pollination, agriculture, greenhouses, sustainability, biodiversity, climate change, Belarus.

Поступила в редакцию 06.06.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Шмели *Bombus spp.*, являясь одними из наиболее эффективных опылителей, играют ключевую роль как в естественных экосистемах, так и в сельском хозяйстве. Благодаря особенностям морфологии тела, высокой подвижности и способности к вибрационному опылению (buzz pollination) они успешно опыляют широкий спектр цветковых растений, включая те виды, которые малодоступны или полностью недоступны другим опылителям, таким как медоносная пчела *Apis mellifera*. Их способность опылять цветковые растения содействует воспроизводству флоры, постоянству популяций растений и формированию устойчивых пищевых цепей. Благодаря опылению шмелями обеспечивается не только продуктивность агроэкосистем, но и сохранение популяций насеко-

мозависимых растений, что, в свою очередь, поддерживает биоразнообразие насекомых, птиц и млекопитающих [1, 2, 3].

Эффективное опыление напрямую влияет на формирование урожая, увеличение массы и количества плодов, внешний вид и вкусовые характеристики продукции. Кроме того, шмели играют важную роль в поддержании устойчивости экосистем, обеспечивая опыление дикорастущих растений и тем самым способствуя сохранению биоразнообразия [1].

Шмели особенно ценны благодаря своей способности работать в условиях, малоподходящих для других опылителей – при температуре от плюс 5 °С, влажности выше 80 % и уровне освещённости менее 1000 лк, в то время как медоносные пчёлы становятся менее активными уже при температуре ниже плюс 12–14 °С и в пасмур-

ную погоду. Шмели обладают выраженными терморегуляторными механизмами, что позволяет им начинать сбор нектара и пыльцы раньше других насекомых-опылителей [4, 5, 1].

Эффективность опыления у медоносных пчёл в значительной степени зависит от погодных и климатических факторов [6, 7].

Целью статьи является анализ литературных данных, позволяющих оценить целесообразность использования шмелей в качестве опылителей сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси. Особое внимание уделяется сопоставлению эффективности шмелей и медоносных пчёл, а также выявлению факторов, определяющих успешность применения шмелей в аграрных экосистемах. В работе рассматривается зарубежный опыт внедрения шмелей в систему опыления сельскохозяйственных

культур в странах Европейского союза, Канаде, Японии и других регионах, что позволяет выделить эффективные стратегии и практики, потенциально применимые в белорусском контексте [8, 9, 2].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Биология и агрономическая эффективность шмелей как опылителей. Шмели (род *Bombus*, семейство *Apidae*) насчитывают более 250 видов и встречаются практически по всему миру. Наиболее распространёнными и изученными в Европе и Северной Америке являются шмель обыкновенный *Bombus terrestris* и шмель земляной *Bombus pascuorum* [1]. В таблице 1 представлены основные виды шмелей, используемые в опылении сельскохозяйственных культур в различных странах.

Таблица 1 – Основные виды шмелей, используемые в опылении сельскохозяйственных культур в различных странах

| Страна/регион | Вид шмелей | Особенности использования |
|---------------------|---|--|
| Республика Беларусь | <i>Bombus terrestris</i> | наиболее активно разводится в тепличном овощеводстве; применяется для опыления томатов, перца и др. |
| Европейский союз | <i>Bombus terrestris</i> , <i>Bombus pascuorum</i> | <i>B. terrestris</i> – доминирующий коммерческий вид; <i>B. pascuorum</i> – часто встречается в природной среде |
| Россия | <i>Bombus terrestris</i> , <i>Bombus lucorum</i> | <i>B. terrestris</i> культивируется в аграрном секторе; также применяются местные виды для полевых культур |
| Канада | <i>Bombus impatiens</i> , <i>Bombus ternarius</i> | <i>B. impatiens</i> – основной коммерческий вид для закрытого грунта |
| США | <i>Bombus impatiens</i> , <i>Bombus occidentalis</i> (ограничено) | <i>B. impatiens</i> – основной для теплиц; <i>B. occidentalis</i> – восстанавливается после снижения численности |
| Япония | <i>Bombus ignitus</i> , <i>Bombus terrestris</i> (интродуцированный) | <i>B. ignitus</i> – местный вид; <i>B. terrestris</i> вызвал экологические конфликты с аборигенными видами |
| Китай | <i>Bombus hypocrita</i> , <i>Bombus terrestris</i> | используются как местные, так и интродуцированные виды для опыления томатов и клубники |
| Южная Корея | <i>Bombus ignitus</i> , <i>Bombus terrestris</i> | применяются в тепличных хозяйствах; меры по контролю распространения <i>B. terrestris</i> |

Bombus terrestris является наиболее коммерциализированным видом в Евразии и успешно используется в контролируемых условиях (теплицах) благодаря устойчивости к перепадам микроклимата и высокой эффективности опыления. Тем не менее в некоторых странах интродукция этого вида вызвала экологические риски для местных популяций [8, 9].

Шмели характеризуются высокоорганизованной социальной структурой, включающей три касты: матку, рабочих

особей и самцов (трутней). В отличие от медоносных пчёл, колонии шмелей имеют сравнительно меньшую численность – от 50 до 500 особей, хотя в исключительных случаях могут достигать 1000 [2].

Жизненный цикл шмелей начинается с перезимовавшей оплодотворённой самки (матки), которая ранней весной находит подходящее место для основания гнезда. После откладки яиц из них выходят первые рабочие особи, берущие на себя функции обеспечения колонии – сбор нектара и

пыльцы, кормление личинок и защиту гнезда. Поздним летом появляются половые особи – самцы и новые матки. После спаривания основная часть колонии погибает, а оплодотворённые самки уходят в зимнюю диапаузу до следующего сезона [6].

Шмели обладают рядом морфофункциональных адаптаций, повышающих их эффективность как опылителей. Одним из ключевых преимуществ является наличие удлинённого хоботка (у отдельных видов – до 20 мм), что позволяет им собирать нектар из глубоко расположенных нектарников, недоступных медоносным пчёлам, чей хоботок в среднем составляет около 6–7 мм. Среди растений, опыляемых преимущественно или исключительно шмелями, можно выделить люпин *Lupinus*, красный клевер *Trifolium pratense* и крушиновидную голубику *Vaccinium corymbosum* – у дан-

ных видов доступ к нектару и пыльце возможен только при наличии соответствующих морфологических адаптаций [10].

Кроме того, шмели способны к вибрационному опылению, или бомбилированию, – специфическому поведению, при котором насекомое, охватывая цветок, издаёт высокочастотные звуки, вызывая вибрацию тычинок и способствуя выбросу пыльцы из порообразных пыльников. Этот механизм необходим для эффективного опыления томатов *Solanum lycopersicum*, баклажанов *Solanum melongena* и клюквы *Vaccinium macrocarpon* – растений, к которым медоносные пчёлы не приспособлены физиологически [11]. В таблице 2 представлены культуры, требующие или выигрывающие от опыления шмелями *Bombus spp.*, с указанием необходимости опыления и преимуществ применения шмелей.

Таблица 2 – Основные сельскохозяйственные культуры, опыляемые шмелями в тепличных условиях

| Культура | Латинское название | Необходимость в опылении | Преимущества опыления шмелями |
|----------------------------|------------------------------|---|--|
| Томат | <i>Solanum lycopersicum</i> | обязательное для формирования плодов | вибрационное опыление повышает завязываемость, улучшает внешний вид, увеличивает урожайность на 20–30 % по сравнению с ручным опылением или использованием медоносных пчёл [8] |
| Перец сладкий | <i>Capsicum annuum</i> | повышает урожайность и качество | увеличение количества завязей, равномерное опыление, повышение урожайности на 10–15 % по сравнению с контролем [12] |
| Баклажан | <i>Solanum melongena</i> | желательно для стабильного урожая | вибрационное опыление способствует лучшему формированию завязей, повышение урожайности до 25 % [13] |
| Клубника | <i>Fragaria</i> | повышает качество и количество урожая | улучшение формы, снижение доли деформированных ягод, увеличение массы ягод, повышение урожайности на 15–20 % [14] |
| Огурец | <i>Cucumis sativus</i> | требуется для сортов с мужскими и женскими цветками | эффективное опыление при наличии обоих типов цветков, повышению урожайности до 30 % в зависимости от сорта [15] |
| Клюква крупноплодная | <i>Vaccinium macrocarpon</i> | обязательное | вибрационное опыление, необходимое для извлечения пыльцы, увеличение завязываемости и улучшение качества ягод [16] |
| Черника (в теплицах редко) | <i>Vaccinium corymbosum</i> | обязательное | длинный хоботок позволяет эффективно опылять трубчатые цветки [17] |

Использование шмелей в тепличном производстве, особенно при выращивании томатов, позволяет повысить урожайность на 20–30 % по сравнению с ручным опылением или использованием медоносных пчёл. Такая эффективность объясняется не только поведением, но и способностью ра-

ботать в широком диапазоне температур и погодных условий.

Таблица 3 содержит ключевые различия между двумя группами опылителей по ряду биологических и агротехнических параметров, определяющих их эффективность в различных условиях среды.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика шмелей *Bombus spp.* и медоносной пчелы *Apis mellifera* как опылителей сельскохозяйственных культур

| Параметр | Шмель <i>Bombus spp.</i> | Медоносная пчела <i>Apis mellifera</i> |
|--|--|---|
| Вибрационное опыление [8] | способен (эффективен для томатов, баклажанов, черники, клюквы и др.) | не способна |
| Температура начала активности [7] | от плюс 5 °C | от плюс 12 °C |
| Погодные условия для полёта [18] | активен при низкой освещенности, высокой влажности, умеренном ветре | малоподвижна при пасмурной, дождливой погоде и сильном ветре (>20 км/ч) |
| Использование в теплицах [8] | опыление томатов, перцев, баклажанов, клубники, огурцов | ограниченно используется, преимущественно для огурцов и при искусственной стимуляции |
| Страны ЕС с активным использованием [19] | Нидерланды, Бельгия, Германия, Испания, Италия, Польша, Франция, Венгрия и др. | используется в открытом грунте почти во всех странах ЕС, в теплицах – как дополнение к шмелям |

Многие сельскохозяйственные культуры, например яблоня *Malus domestica*, клубника *Fragaria*, томаты *Solanum lycopersicum* и огурцы *Cucumis sativus*, демонстрируют высокую степень зависимости от насекомоопыляемости, особенно в условиях интенсивного земледелия. Эффективное опыление способствует не только увеличению общего объёма урожая, но и улучшению качественных характеристик продукции.

В частности, при использовании шмелей в качестве опылителей в закрытом грунте, в сравнении с ручным или самопроизвольным опылением, благодаря вибрационному механизму опыления, недоступному для медоносных пчёл, наблюдается значительное улучшение таких параметров плодов, как масса, симметрия, содержание сахаров и общая органолептическая привлекательность [8, 20].

При выращивании клубники использование шмелей способствует увеличению средней массы плодов и снижению доли деформированных ягод. Исследования показывают, что при недостаточном опылении значительно возрастает доля мелких и недоразвитых плодов, в то время как при оптимальном опылении формируются ягоды симметричной формы, с высокой плотностью и равномерным окрашиванием. Это обусловлено тем, что полноценное опыление стимулирует равномерное развитие завязи за счёт более полной фертилизации

семязачатков, что влечёт за собой активное деление клеток и рост плода [2, 21].

У огурца и перца сладкого опыление с участием шмелей повышает процент завязи, снижает количество пустоцветов и увеличивает выравненность плодов, что критически важно для товарного качества в условиях массового производства.

Фруктово-ягодные культуры, включая яблоню *Malus domestica* и садовую землянику *Fragaria ananassa*, занимают значимое место в структуре аграрного производства Республики Беларусь. Эти культуры не только обеспечивают внутренние потребности населения в свежей продукции, но и формируют экспортный потенциал сектора. Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в 2023 г. валовой сбор овощной продукции составил 2,8 млн т, из которых 105 тыс. т пришлось на продукцию закрытого грунта, преимущественно томаты и огурцы. Эти показатели подчёркивают значение интенсивного овощеводства и роль насекомых-опылителей в обеспечении стабильного урожая как в открытом, так и в защищённом грунте [22].

Как сообщают Смирнова Е.Н., Захарова Т.А., Лебедев И.О., существует чёткая зависимость урожайности от опыления [23].

Шмели играют значительную роль не только в агроэкосистемах, но и в поддержании биоразнообразия природных сообществ. Благодаря своим морфофизиоло-

гическим особенностям – способности к полёту при низких температурах, длинному хоботку и вибрационному опылению – шмели способны опылять цветки, недоступные другим насекомым.

Во многих регионах Европы шмели обеспечивают опыление таких дикорастущих растений, как василёк луговой *Centaurea jacea*, колокольчик персиколистный *Campanula persicifolia*, шалфей луговой *Salvia pratensis* и купальница европейская *Trollius europaeus*, последняя включена в Красную книгу в ряде стран. В Альпийском регионе зафиксирована высокая зависимость опыления эндемичных видов, таких как *Androsace helvetica* и *Campanula alpina*, от местных популяций шмелей *Bombus alpinus*, *Bombus monticola*. В Великобритании шмели опыляют такие редкие растения, как дикорастущая орхидея *Ophrys apifera*, которая мимикрирует под насекомых для привлечения специализированных опылителей, включая *Bombus lapidaries* [1, 24, 25].

В Северной Америке шмели *B. occidentalis*, *B. terricola* участвуют в опылении редких видов прерий и горных лугов, включая *Delphinium occidentale* и *Castilleja spp.* Исследования показали, что в Канаде исчезновение отдельных видов шмелей ведёт к снижению воспроизводства у ряда местных эндемиков [26].

В Беларуси шмели обеспечивают опыление таких охраняемых видов, как прострел раскрытый *Pulsatilla patens* и любка двулистная *Platanthera bifolia*, обитающих на лугах и в редколесьях, особенно чувствительных к деградации среды обитания [26].

Таким образом, шмели являются неотъемлемым компонентом природных экосистем, играя ключевую роль в обеспечении устойчивости фитоценозов и поддержании генетического разнообразия растений. Их исчезновение может привести к каскадным последствиям для структуры и функционирования природных сообществ.

В Республике Беларусь шмели преимущественно используются в тепличном овощеводстве для опыления таких культур, как томаты, огурцы, сладкий перец и клубника [27].

В настоящее время в Беларуси имеется ряд тепличных хозяйств, где внедрены технологии биологического опыления с ис-

пользованием шмелей. К числу таких предприятий относятся УП «Агрокомбинат “Ждановичи”» (Минский район, Минская область), УП «Минский парниково-тепличный комбинат» (г. Минск), ОАО «Тепличный комбинат “Мачулищи”» (г.п. Мачулищи, Минский район) и тепличный комбинат «Берестье» (д. Тельмы-1, Брестский район, Брестская область).

Практика использования шмелей в перечисленных хозяйствах демонстрирует высокую эффективность и может служить моделью для масштабного внедрения биологического опыления в других регионах страны. Развитие данной технологии соответствует современным тенденциям устойчивого сельского хозяйства, снижая зависимость от химических методов стимуляции плодоношения и повышая экологическую безопасность продукции.

В Польше практика использования шмелей охватывает как овощные, так и плодовые культуры. Шмели применяются для опыления яблони, клубники и тепличных овощей, в том числе томатов и огурцов. Согласно исследованию Marek Nowakowski, урожайность огурцов в теплицах возрастает с 18 т/га до 24 т/га при использовании *Bombus terrestris*, урожайность яблок увеличивается на 25 %, а клубники – на 20 % за счёт повышения эффективности перекрёстного опыления [28].

В Литве использование шмелей сконцентрировано в основном в тепличном производстве. Применение колоний шмелей при выращивании томатов позволяет увеличить урожайность до 33 т/га по сравнению с 25 т/га в контроле. Отмечается также снижение доли пустоцветов и улучшение равномерности завязывания плодов [29].

В Украине *Bombus spp.* активно применяются не только в теплицах, но и при опылении полевых культур. Наибольший эффект наблюдается при опылении подсолнечника *Helianthus annuus*, урожайность которого увеличивается на 15–20 %: с 2,1 т/га до 2,5 т/га при наличии шмелиных колоний. Также зафиксировано улучшение семенной продуктивности и равномерности формирования корзинок [30].

В Нидерландах шмели используются практически повсеместно при выращивании овощных и ягодных культур в теп-

лицах. Применение *Bombus terrestris* позволяет повысить урожайность томатов и перца на 25–35 %, а также улучшить форму и размер плодов. Схожая практика отмечается в Испании, где основными культурами, опыляемыми шмелями, являются клубника, баклажаны *Solanum melongena* и перец. Использование шмелей способствует сокращению срока созревания плодов и снижению их деформации [8].

В Италии шмели применяются при выращивании помидоров, клубники и кабачков *Cucurbita pepo*. Исследования Sabatini указывают на увеличение урожайности тепличных томатов на 27 %, а также улучшение равномерности распределения плодов по кистям [31].

Таким образом, внедрение технологий биологического опыления с участием шмелей способствует устойчивому развитию аграрного сектора и повышению продовольственной безопасности региона.

Экологические угрозы и меры по охране шмелей в агроэкосистемах. Учитывая важную роль шмелей *Bombus spp.* в опылении диких и сельскохозяйственных растений, в Республике Беларусь реализуются меры, направленные на сохранение и увеличение их популяций. Снижение численности опылителей, наблюдаемое в последние десятилетия в Европе и других регионах, связано с утратой мест обитания, интенсификацией сельского хозяйства и применением пестицидов. В связи с этим вопросы сохранения опылителей приобретают приоритетное значение в политике охраны окружающей среды [3].

Одним из ключевых направлений является разработка и внедрение агроэкологических практик, способствующих сохранению и восстановлению среды обитания шмелей. В частности, предусматривается создание цветущих полос вдоль сельскохозяйственных полей, высадка медоносных растений и сохранение участков дикой растительности, обеспечивающих пищевые ресурсы и гнездовые местообитания для опылителей [32].

Одним из ключевых факторов снижения численности шмелей является воздействие агрохимикатов, в частности неоникотиноидных инсектицидов. Эти химические вещества, широко применяемые для защиты сельскохозяйственных культур от

вредителей, оказывают токсическое воздействие на насекомых-опылителей. Неоникотиноиды влияют на нервную систему шмелей, вызывая потерю ориентации и нарушая способность к сбору пищи. Исследования показывают, что такие воздействия снижают эффективность опыления, что, в свою очередь, влияет на экосистемы и сельское хозяйство. В частности, потеря ориентации у шмелей и снижение их способности собирать пыльцу и нектар могут значительно ухудшить их выживаемость и способность к размножению [33, 34].

На законодательном уровне охрана шмелей в Беларуси обеспечивается рядом нормативных актов:

- Закон Республики Беларусь от 9 июля 2004 г. № 201-З «О животном мире» – регулирует охрану и рациональное использование диких животных, включая насекомых-опылителей, а также охрану их местообитаний [37];

- Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 202-З «О растительном мире» – направлен на охрану и восстановление растительности, в том числе растений, являющихся источниками нектара и пыльцы для шмелей и других опылителей [38];

- Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» – определяет правовые основы охраны окружающей среды, включая меры по сохранению природных экосистем, в которых обитают опылители [39];

- Национальная стратегия по сохранению биоразнообразия на период до 2025 года – стратегический документ, в котором обозначены приоритетные направления охраны биологического разнообразия, включая меры по защите опылителей и их местообитаний [35].

Также реализуются природоохранные программы под эгидой Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, включающие меры по охране и восстановлению популяций шмелей и других насекомых-опылителей.

Изменение климата также представляет собой значительную угрозу для шмелей. Повышение температуры и изменение режима осадков могут привести к изменениям в периодах цветения растений и доступности пищи для опылителей. Это соз-

дает риск расхождения временных рамок активности шмелей и пиковых периодов цветения растений. Несоответствие между временем цветения растений и активностью шмелей может негативно сказываться на их выживании и размножении. Изменения климата также могут влиять на распределение видов шмелей, что может привести к утрате ключевых опылителей в определенных регионах [36].

Особую роль в сохранении шмелей играют охраняемые природные территории, на которых сохраняется высокая степень естественности экосистем и поддерживаются условия, благоприятные для существования опылителей. К числу таких территорий относятся:

- национальный парк «Беловежская пуща» – объект Всемирного наследия ЮНЕСКО, обеспечивающий стабильную кормовую базу и среду для гнездования шмелей благодаря богатому флористическому составу;

- национальный парк «Припятский» – территория с высокой степенью природной сохранности, охватывающая болота, леса и пойменные луга, обеспечивающие широкий спектр ресурсов для опылителей;

- национальный парк «Браславские озёра» – характеризуется разнообразием экосистем, что способствует высокой плотности и устойчивости популяций шмелей;

- заповедник «Сожский» – включает лесные и луговые экосистемы, подходящие для обитания шмелей;

- национальный парк «Нарочанский» – отличается высокой флористической насыщенностью, в том числе наличием медоносных растений, обеспечивающих кормовые ресурсы для шмелей.

Таким образом, в Республике Беларусь предпринимается комплексный подход к охране шмелей, включающий правовое регулирование, экологоориентированные практики в сельском хозяйстве и сохранение природных экосистем, что способствует устойчивому функционированию агроэкосистем и поддержанию биоразнообразия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ литературных источников свидетельствует о высокой целесообразности использования шмелей

Bombus spp. в качестве эффективных опылителей сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси. Биологические особенности шмелей, такие как способность к опылению при низких температурах, в условиях ограниченной освещённости и высокой влажности, а также наличие механизма вибрационного опыления позволяют им превосходить медоносных пчёл *Apis mellifera* по ряду показателей эффективности, особенно в тепличных хозяйствах и в регионах с нестабильным климатом.

Сравнительный анализ зарубежного опыта (Европейский союз, Канада, Япония) показал, что интеграция шмелей в аграрные системы приводит к значительному повышению урожайности и улучшению качества продукции таких культур, как томаты, огурцы, перец, клубника и яблоки. Наиболее успешные практики включают использование коммерчески разведённых колоний шмелей, создание цветущих буферных полос для поддержания кормовой базы и ограничение применения инсектицидов, токсичных для опылителей.

Факторами, определяющими успешность применения шмелей в агроэкосистемах Беларуси, являются доступность качественного биологического материала, адаптация технологий содержания колоний к местным климатическим условиям, обеспечение подходящей цветочной базы в окрестностях теплиц и полей, а также внедрение агротехнологий, минимизирующих воздействие пестицидов.

Эффективные стратегии сохранения и использования шмелей должны опираться на междисциплинарные научные исследования, охватывающие экологические, агрономические и социальноэкономические аспекты. Законодательная база Республики Беларусь формирует основу для устойчивого взаимодействия между природой и аграрной практикой [35, 37–39].

Таким образом, использование шмелей в качестве опылителей является перспективным направлением повышения биологической и экономической устойчивости сельского хозяйства Беларуси. Перенос успешных зарубежных практик в национальные условия требует учёта местной специфики и дальнейших научных исследований в области биологии шмелей, агроэкологии и агротехнологий опыления.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голдсон, Д. Шмели: поведение, экология и охрана / Д. Голдсон. – Оксфорд : Oxford University Press, 2010. – 317 с.
2. Garibaldi, L. A. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance / L. A. Garibaldi, I. Steffan-Dewenter, R. Winfree // *Science*. – 2013. – Vol. 339, № 6127. – P. 1608–1611. – DOI: 10.1126/science.1230200.
3. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers / S. G. Potts, J. C. Biesmeijer, C. Kremen [et al.] // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2010. – Vol. 25, № 6. – P. 345–353. – DOI: 10.1016/j.tree.2010.01.007.
4. Как защитить шмелей в холодное время года // Koppert Biological Systems. – URL: <https://www.koppert.ru/opylene-shmeljami/luchshie-praktiki/kak-zashchitit-shmelei-v-kholodnoe-vremya-goda/> (дата обращения: 14.04.2025).
5. Ocko, S. A. Collective thermoregulation in bee clusters / S. A. Ocko, L. Mahadevan // *Journal of the Royal Society Interface*. – 2014. – Vol. 11, № 91. – Article 20131033. – DOI: 10.1098/rsif.2013.1033 (дата обращения: 14.04.2025).
6. Heinrich, B. *Bumblebee Economics* / B. Heinrich. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 1979. – 245 p.
7. Winston, M. L. *The Biology of the Honey Bee* / M. L. Winston. – Cambridge, MA : Harvard University Press, 1987. – 281 p.
8. Velthuis, H. H. W. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination / H. H. W. Velthuis, A. van Doorn // *Apidologie*. – 2006. – Vol. 37, № 4. – P. 421–451. – DOI: 10.1051/apido:2006019.
9. Inoue, M. N. Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae) / M. N. Inoue, J. Yokoyama, I. Washitani // *Journal of Insect Conservation*. – 2008. – Vol. 12, № 2. – P. 135–146. – DOI: 10.1007/s10841-007-9071-z.
10. Corbet, S. A. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community / S. A. Corbet, I. H. Williams, J. L. Osborne // *Bee World*. – 1991. – Vol. 72, № 2. – P. 47–59.
11. De Luca, P. A. What's the 'buzz' about? The ecology and evolutionary significance of buzz-pollination / P. A. De Luca, M. Vallejo-Marin // *Current Opinion in Plant Biology*. – 2013. – Vol. 16, № 4. – P. 429–435. – DOI: 10.1016/j.pbi.2013.05.002.
12. Dogterom, M. H. Pollination of greenhouse sweet pepper by the bumble bee *Bombus occidentalis* / M. H. Dogterom, J. A. Matteoni, R. C. Plowright // *Journal of Apicultural Research*. – 2000. – Vol. 39, № 1–2. – P. 91–96.
13. Free, J. B. *Insect Pollination of Crops* / J. B. Free. – 2nd ed. – London : Academic Press, 1993. – 684 p.
14. Chagnon, M. Complementary aspects of strawberry pollination by honey and bumble bees / M. Chagnon, J. Gingras, D. de Oliveira // *Journal of Economic Entomology*. – 1993. – Vol. 86, № 2. – P. 416–420.
15. Sabbahi, R. Influence of honey bee and bumble bee pollination on cucumber yield and fruit quality / R. Sabbahi, D. de Oliveira, J. Marceau // *American Bee Journal*. – 2005. – Vol. 145, № 4. – P. 287–291.
16. Cane, J. H. Pollination ecology of *Vaccinium*: Bees and blueberry crop pollination / J. H. Cane, D. Schiffhauer // *Acta Horticulturae*. – 2003. – Vol. 626. – P. 393–400.
17. Javorek, S. K. Comparative pollination effectiveness among bees on lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) / S. K. Javorek, K. E. MacKenzie, S. P. Vander Kloet // *Annals of the Entomological Society of America*. – 2002. – Vol. 95, № 3. – P. 345–351. – DOI: 10.1603/0013-8746(2002)095[0345:CPEABO]2.0.CO;2.
18. Abou-Shaara, H. F. The foraging behaviour of honey bees, *Apis mellifera*: a review / H. F. Abou-Shaara // *Veterinarni Medicina*. – 2014. – Vol. 59, № 1. – P. 1–10. – DOI: 10.17221/7240-VETMED.
19. European Commission. Pollinators: Importance, threats and conservation. – URL: https://ec.europa.eu/environment/pdf/nature/conservation/species/pollinators/Progress_in_the_implementation_of_the_EU_Pollinators_Initiative.pdf (date of access: 14.04.2025).
20. Dag, A. Comparison between bumblebees and honeybees as pollinators of greenhouse tomatoes / A. Dag, Y. Kammer // *Acta Horticulturae*. – 2001. – Vol. 561. – P. 147–151.
21. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value / B. K. Klatt, A. Holzschuh, C. Westphal [et al.] // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2014. – Vol. 281, № 1775. – Article 20132440. – DOI: 10.1098/rspb.2013.2440.
22. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Сельское хозяйство Республики Беларусь, 2023: статистический сборник. – Минск : Белстат, 2024. – URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 23.04.2025).

23. Смирнова, Е. Н. Опыление и его значение в повышении продуктивности сельскохозяйственных культур / Е. Н. Смирнова, Т. А. Захарова, И. О. Лебедев // *Современные проблемы науки и образования*. – 2021. – № 6. – С. 112–117.

24. Analysis of pollen and nectar of *Arbutus unedo* as a food source for *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) / P. Rasmont, A. Regali, T. C. Ings [et al.] // *Journal of Economic Entomology*. – 2005. – Vol. 98, № 3. – P. 656–663. – DOI: 10.1603/0022-0493-98.3.656.

25. High elevation plants specialized in pollination by bumblebees are more threatened by climate change than other plants / L. Pellissier, A. Roger, J. Bilat, S. Rasmann // *Ecological Research*. – 2010. – Vol. 25, № 3. – P. 595–603.

26. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Красная книга Республики Беларусь. Животные. – Минск : Белорусская энциклопедия им. П. Бровки, 2015. – С. 266–283.

27. Смирнова, Е. Н. Зависимость урожайности овощных культур от опыления иммидами в тепличных условиях / Е. Н. Смирнова, Т. А. Захарова, И. О. Лебедев // *Сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность*. – 2021. – № 4. – С. 30–35.

28. Nowakowski, M. The role of bumblebees in pollination of selected crops in Poland / M. Nowakowski, K. Jędrzejewska-Szmek, M. Woyciechowski // *Journal of Apicultural Research*. – 2020. – Vol. 59, № 3. – P. 345–352.

29. Jankauskas, J. Effectiveness of bumblebee pollination in greenhouse tomato production in Lithuania / J. Jankauskas, V. Petrauskas // *Agricultural Sciences*. – 2019. – Vol. 26, № 2. – P. 75–81.

30. Bumblebee pollination efficiency in sunflower and other crops in Ukraine / S. Korsun, A. Ivanov, V. Petrenko [et al.] // *Ukrainian Journal of Ecology*. – 2021. – Vol. 11, № 1. – P. 45–50.

31. Impact of bumblebee pollination on greenhouse tomato yield and quality in Italy / M. Sabatini, M. Rossi, F. Bianchi [et al.] // *Italian Journal of Agronomy*. – 2017. – Vol. 12, № 3. – P. 234–240.

32. Global pollination services: A conceptual framework and the state of the art / L. A. Garibaldi, M. A. Aizen, A. M. Klein [et al.] // *Biological Conservation*. – 2013. – Vol. 166. – P. 16–26. – DOI: 10.1016/j.biocon.2013.06.024.

33. Goulson, D. An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides / D. Goulson // *Journal of Applied Ecology*. – 2013. – Vol. 50, № 4. – P. 977–987. – DOI: 10.1111/1365-2664.12111.

34. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees / M. Henry, M. Béguin, F. Requier [et al.] // *Science*. – 2012. – Vol. 336, № 6079. – P. 348–350. – DOI: 10.1126/science.1215039.

35. Национальная стратегия по сохранению биоразнообразия на период до 2025 года / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск : Минприроды РБ, 2016. – 74 с.

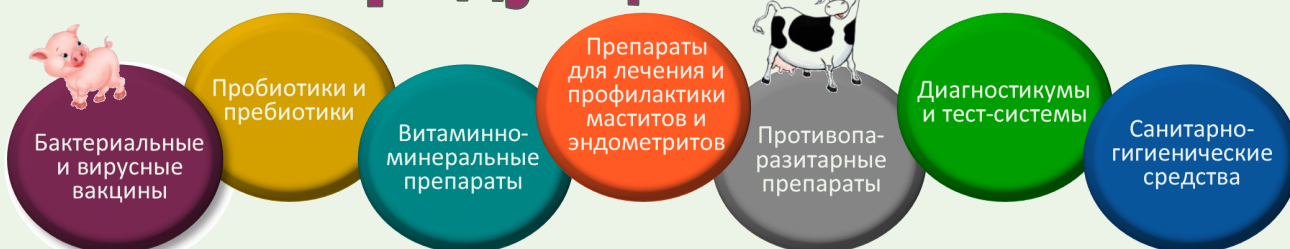
36. Climate change contributes to widespread declines among bumble bees across continents / J. T. Kerr, A. Pindar, P. Galpern [et al.] // *Science*. – 2015. – Vol. 349, № 6244. – P. 177–180. – DOI: 10.1126/science.aac8591.

37. О животном мире : Закон Республики Беларусь от 9 июля 2004 г. № 201-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2004. – № 112, 2/1062.

38. О растительном мире : Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 202-З // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2007. – № 170, 2/1346.

39. Об охране окружающей среды : Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII : в ред. 2023 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <http://www.pravo.by> (дата обращения: 14.04.2025).

наша продукция



Борисовец Д.С., кандидат ветеринарных наук, доцент¹

Красочко П.А., доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор^{1, 2}

Зуйкевич Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук¹

Морозов А.М., младший научный сотрудник¹

¹РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского», г. Минск, Республика Беларусь

²УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины» г. Витебск, Республика Беларусь

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО ЛАКТОФЕРРИНА, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ МОЛОКА ТРАНСГЕННЫХ КОЗ, С АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМИ СУБСТАНЦИЯМИ

Резюме

В статье изложены основные методы изучения эффективности действия рекомбинантного лактоферрина, полученного из молока трансгенных коз, с антибактериальными субстанциями. Приведены результаты исследования по изучению противомикробной активности, антибактериальных свойств, скорости формирования антибиотикорезистентности, бактерицидной и бактериостатической активности рекомбинантного лактоферрина и антибактериальных субстанций.

Ключевые слова: рекомбинантный лактоферрин, антибактериальные субстанции, антибактериальная терапия инфекционных болезней животных, синергидный эффект, резистентность, комплексный препарат антибактериального действия.

Summary

The article presents the main studies of the effectiveness of the action of recombinant lactoferrin obtained from the milk of transgenic goats, with antibacterial substances. The results of the study of antimicrobial activity, antibacterial properties, the rate of formation of antibiotic resistance, bactericidal and bacteriostatic activity of recombinant lactoferrin and antibacterial substances.

Keywords: recombinant lactoferrin, antibacterial substances, antibacterial therapy for infectious diseases in animals, synergistic effect, resistance, and a complex antibacterial drug.

Поступила в редакцию 03.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших задач современного животноводства – получение здорового жизнеспособного молодняка, так как от состояния его здоровья зависит последующие рост, развитие, активная адаптация к неблагоприятным факторам окружающей среды и в конечном итоге – получение качественной продукции.

Заболевания органов дыхания и пищеварения у молодняка занимают одно из ведущих мест в инфекционной патологии. В хозяйствах чаще всего регистрируются ассоциированные вирусные и вирусно-бактериальные инфекции. Предрасполагающими факторами возникновения инфекционных пневмоэнтеритов являются стрессовые состояния, связанные обычно с нарушениями технологии содержания и кормления животных, использованием неполноценных и недоброкачественных кормов,

приводящих к угнетению иммунитета и ослаблению устойчивости организма к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды.

В такой ситуации возникает необходимость использования в ветеринарной медицине биологически активных препаратов природного происхождения, обладающих противовирусным, антимикробным и иммунопротективным действием. Данные соединения позволяют снизить количество применяемых химиотерапевтических средств и повысить тем самым качество получаемой сельскохозяйственной продукции [1]. Одним из таких препаратов является лактоферрин (ЛФ).

Лактоферрин – белок сыворотки молока млекопитающих, который представляет собой железосвязывающий многодоменный полифункциональный гликопротеид с молекулярной массой около 80 кДа,

отнесенный к семейству белков трансферринов [2]. Помимо молока, широко представлен в различных секреторных жидкостях организма, таких как слюна, слеза, секреты носовых желез. Кроме того, лактоферрин обнаружен в плазме крови, однако в значительно меньшей концентрации.

Молекула лактоферрина секретируется в свободной от железа форме (аполактоферрин) и обладает чрезвычайно высокой аффинностью к 3-валентному железу.

Лактоферрин является едва ли не единственным примером белка с уникальным набором биологических свойств различного характера. Будучи трансферриновым белком, он не только регулирует концентрацию ионов железа в крови и секретах, но и обладает ярко выраженным антимикробным, противовирусным и противогрибковым действием [3–5]. ЛФ считается одним из важнейших иммунных факторов молока. Он участвует в защитных реакциях организма и регулирует функции иммунокомпетентных клеток. Кроме того, установлены его противовоспалительные и противоопухолевые свойства [2].

Антибактериальная активность для этого белка была установлена в отношении ряда бактерий, включая патогенные для человека и животных штаммы *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Shigella dysenteriae*, *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus spp.*, *Vibrio cholerae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus spp.*, *Bacillus subtilis*. Было установлено, что бактериостатическая функция ЛФ определяется его способностью связывать железо из окружающей среды, что угнетает рост микроорганизмов.

Исследования по антибактериальной активности лактоферрина проведены ведущими научно-исследовательскими лабораториями Института Фридриха Леффлера (Германия), Научно-исследовательским институтом ветеринарной медицины в Пулавах (Польша); Институтом вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова (Россия); Ганновским университетом имени Лейбница (Германия). В результате исследований установлена синергидная эффективность лактоферрина со следующими антибиотиками: стрептомицин, амфотерицин, доксициклин и др.

Отечественными учеными в ходе программ Союзного государства «БелРос Трансген» и «БелРосТрансген-2» в 2010 г.

первыми в мире получен трансгенный лактоферрин из молока коз-продуцентов, в ДНК которых был встроен ген, ответственный за его выработку. Также зарегистрирован препарат ветеринарный «Арголаферрин» (ТУ ВУ 600049853.285-2018, производитель РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского»). Указанный препарат содержит рекомбинантный лактоферрин, коллоидное серебро и карбоксиметилцеллюлозу. Предназначен для лечения и профилактики пневмоэнтеритов молодняка свиней.

Принимая во внимание тот факт, что рекомбинантные субстанции могут значительно отличаться по своим биологическим свойствам от субстанций природного происхождения, необходимо тщательное изучение антибактериальных свойств белорусского рекомбинантного лактоферрина, полученного от трансгенных коз, с целью оценки возможности его применения для конструирования комплексных антибактериальных ветеринарных препаратов.

В связи с этим целью нашего исследования была оценка эффективности применения рекомбинантного лактоферрина в комплексной антибактериальной терапии инфекционных болезней животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Научно-исследовательская работа проводилась на базе отдела вирусных инфекций РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» и вивария института.

Было исследовано взаимодействие ранее подобранных антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином. Для этого были проведены исследования по изучению противомикробной активности, антибактериальных свойств, скорости формирования антибиотикорезистентности, бактерицидной и бактериостатической активности рекомбинантного лактоферрина и антибактериальных субстанций.

Противомикробную активность рекомбинантного лактоферрина и наиболее активных антибактериальных субстанций, отобранных на предыдущем этапе работы (цефепим, цефотаксим, ципрофлоксацин, цефтриаксон, амоксициллин), с рекомбинантным лактоферрином изучали по пока-

зателю минимальной ингибирующей концентрации (Minimal Inhibitory Concentration – MIC) [5].

Далее были проведены исследования по определению антибактериальной активности рекомбинантного лактоферрина и при совместном его применении с антибактериальными субстанциями. В качестве тест-культур для определения антимикробной активности использовали штаммы бактерий *Escherichia coli* (КМИЭВ-39А), *Salmonella typhimurium* (КМИЭВ-B112), *Proteus mirabilis* (КМИЭВ-44), *Klebsiella pneumoniae* (КМИЭВ-B106), *Pasteurella multocida* (КМИЭВ-95), депонированные в коллекции микроорганизмов РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского».

Тест-культуры бактериальных штаммов выращивали на мясо-пептонном агаре при температуре 37 °С в течение 24 ч. Концентрацию бактериальных клеток тест-культур доводили 0,85%-ным раствором хлористого натрия до 3,1 единиц МакФарланда с использованием денситометра «Biosan DEN-1».

Для постановки реакции в опытные пробирки с 4,5 см³ мясо-пептонного бульона вносили по 1,0 см³ испытуемого препарата (в т.ч. монокомпоненты препаратов), а затем – по 0,1 см³ взвеси тест-культуры. В контрольные пробирки с мясо-пептонным бульоном добавляли по 0,1 см³ тест-культур и определяли положительный контроль оптической плотности содержимого опытных пробирок. Для постановки отрицательного контроля в пробирки с мясо-пептонным бульоном вносили по 1,0 см³ каждого образца препарата (в т.ч. монокомпоненты препаратов). После перемешивания содержимого опытных и контрольных пробирок из каждой пробирки отбирали по 1,0 см³ содержимого, которое вносили в кюветы рабочей длиной (10,0±0,1) мм, и измеряли оптическую плотность с помощью спектрофотометра «Metertech SP-8001 UV-VIS» при длине волны 590 нм. Оставшееся содержимое в опытных и контрольных пробирках выдерживали в термостате при температуре 37 °С в течение 3 ч, а затем проводили три последовательных измерения оптической плотности содержимого.

Антимикробную активность рекомбинантного лактоферрина и при совместном его применении с антибактериальными

субстанциями в отношении штаммов бактерий определяли по формуле:

$$\text{ААП} = 100 - ((D_2 - D_1) - (D_{2\text{ПР}} - D_{1\text{ПР}})) / (D_4 - D_3) \times 100 \%,$$

где ААП – антагонистическая активность препарата;

D_1 – оптическая плотность содержимого опытных пробирок в начале опыта;

D_2 – оптическая плотность содержимого опытных пробирок через 3 ч термостатирования;

$D_{1\text{ПР}}$ – оптическая плотность содержимого пробирки отрицательного контроля в начале опыта;

$D_{2\text{ПР}}$ – оптическая плотность содержимого пробирки отрицательного контроля через 3 ч термостатирования;

D_3 – оптическая плотность содержимого пробирки положительного контроля в начале опыта;

D_4 – оптическая плотность содержимого пробирки положительного контроля через 3 ч после термостатирования;

100 – максимально допустимое значение активности препарата.

Результаты исследований оценивали ежедневно в течение 3-4 суток по отсутствию или проявлению дегенерации клеток в опыте.

Определение скорости формирования антибиотикорезистентности проводили с использованием лактоферрина, полученного из молока трансгенных коз, его сочетания с цефотаксимом и цефепимом (субстанции, показавшие наибольшую эффективность на предыдущих этапах исследований) и микроорганизмов *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pasteurella multocida*.

Для исследования лиофилизированные микроорганизмы растворяли в стерильном изотоническом растворе и производили посев на питательную среду, после получения роста периодически пересевали. Пересевы хранили при температуре от 2 °С до 8 °С, перед опытом проводили пересев и инкубацию в течение 1–2 суток при температуре 37 °С.

В исследованиях использовали принцип диффузионного теста по Kirby-Bauer, но с применением стандартных лунок и объема растворов антибиотиков. Для обеспечения ровного слоя среды в чашки Петри диаметром 90,0 мм, установленные

на строго горизонтальной поверхности, вносили 20,0 мл, а в чашки диаметром 100,0 мм – 25,0 мл расплавленного сердечно-мозгового агара (Brain Heart Infusion Agar). Чашки с готовой средой засеивали суспензиями культур, затем вырезали по 2 лунки, вмещающие по 85,0 мкл разведений исследуемого антимикробного образца. Для первого разведения необходимо подобрать такую концентрацию препарата, чтобы зона задержки роста была в пределах 35,0–45,0 мм, для второго – концентрацию уменьшить в 5 раз.

При изучении всех трех образцов использовали разведения с примерно одинаковыми их концентрациями. Разведения образцов готовили на воде для инъекций или на диметилсульфоксиде при необходимости растворения препаратов на масляной основе и стерилизовали фильтрацией через фильтр Millex® 0.22 мкм.

Через 20–22 ч инкубирования посевов при температуре 37 °С проводили учет роста культур и определение размеров зоны задержки. Последующий пассаж осуществляли на следующий день после учета зоны задержки роста. Для очередного пассажа брали бактериальную массу с границы двух зон задержки роста.

Оценку результатов скорости формирования антибиотикорезистентности проводили по изменению зон задержки роста в каждом пассаже, что свидетельствует о наличии резистентности микроорганизмов к препарату. Считали, что выраженная резистентность отмечается, если в очередном пассаже в первом разведении образца формируется зона диаметром 14,0 мм и меньше. При этом, как правило, второе разведение образца вообще не задерживает роста или зона задержки не превышает 10,0–11,0 мм.

Для изучения влияния образца препарата на бактерицидную и бактериостатическую активность исследования проводились в лабораторных условиях. При этом были использованы в качестве тест-объектов патогенные и условно-патогенные возбудители желудочно-кишечных инфекций телят (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pasteurella multocida*).

Оценку бактерицидной активности изучали путем внесения исследуемого образца в суспензию тест-микроорганизмов в концентрации 500 млн микробных тел. После 3-часового контакта проводили определение концентрации бактерий на МПА путем последовательных разведений стерильным физраствором по общепринятой методике.

Оценку бактериостатической активности изучали следующим образом. На поверхность застывшего 2%-го агара наносили культуру условно-патогенных тест-культур микроорганизмов в концентрации 500,0–1000,0 млн микробных тел, помещенных в 0,8–1,2%-ный мягкий мясо-пептонный агар. После застывания агара в нем готовили лунки диаметром 9,0 мм и вносили изучаемые образцы. Результатом оценки бактериостатической активности препарата и его компонентов служит диаметр зоны задержки роста тест-культуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты определения минимальной ингибирующей концентрации рекомбинантного ЛФ и антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином представлены в таблице 1. Результаты изучения антибактериальных свойств ЛФ и антибактериальных субстанций с рекомбинантным ЛФ представлены на рисунке и в таблице 2.

Таблица 1 – Минимальная ингибирующая концентрация рекомбинантного лактоферрина и антибактериальных субстанций

| Препарат | Минимальная ингибирующая концентрация, мг/мл | |
|---------------------|--|------------------|
| | <i>E. coli</i> | <i>S. dublin</i> |
| Цефепим + ЛФ | 3,12 | 3,12 |
| Ципрофлоксацин + ЛФ | 6,25 | 6,25 |
| Цефотаксим + ЛФ | 3,12 | 3,12 |
| Цефтриаксон + ЛФ | 6,25 | 6,25 |
| Амоксициллин + ЛФ | 12,5 | 12,5 |
| ЛФ | 50 | 50 |



а – *P. mirabilis*+ЛФ+цефотаксим; б – *K. pneumoniae*+ЛФ+цефтриаксон; в – *E. coli*+ЛФ+цефепим; г – *S. typhimurium*+ЛФ+ципрофлоксацин; д – *P. multocida*+ЛФ+амоксциллин

Рисунок – Ингибирование роста бактерий лактоферрином и его комбинациями с антибактериальными субстанциями

Таблица 2 – Результаты изучения антибактериальной активности лактоферрина и его комбинаций с антибиотиками

| Препарат | Антибактериальная активность в отношении | | | | |
|---------------------|--|----------------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| | <i>P. mirabilis</i> | <i>K. pneumoniae</i> | <i>E. coli</i> | <i>S. typhimurium</i> | <i>P. multocida</i> |
| ЛФ | 18±2,6 | 17±3,8 | 15±3,3 | 23±8,3 | 19±1,3 |
| Цефотаксим + ЛФ | 29±2,2 | 22±1,2 | 23±2,6 | 27±3,1 | 23±3,2 |
| Цефтриаксон + ЛФ | 29±1,3 | 19±2,5 | 25±1,6 | 26±2,2 | 22±1,2 |
| Цефепим + ЛФ | 25±3,2 | 28±2,2 | 24±1,8 | 27±1,6 | 20±2,5 |
| Ципрофлоксацин + ЛФ | 24±3,3 | 17±1,4 | 15±1,5 | 32±1,3 | 19±4,3 |
| Амоксициллин + ЛФ | 22±2,2 | 18±0,2 | 16±1,1 | 25±2,1 | 20±3,6 |

Результаты исследований по оценке скорости формирования антибиотикорезистентности антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином представлены в таблице 3.

Результаты исследований по определению бактерицидной активности комплексных препаратов на основе антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином для сельскохозяйственных животных представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 3 – Результаты исследований по оценке скорости формирования антибиотикорезистентности антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином

| Штамм | Зона задержки роста, мм | | | | | | |
|---|-------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | пассаж | | | | | | |
| | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка | 1 лунка/ 2 лунка |
| цефепим с рекомбинантным лактоферрином | | | | | | | |
| <i>P. mirabilis</i> | 32/33 | 30/30 | 27/27 | 27/27 | 25/25 | 25/25 | 25/25 |
| <i>E. coli</i> A20 | 37/35 | 29/28 | 24/24 | 24/24 | 24/24 | 24/24 | 24/24 |
| <i>K. pneumoniae</i> | 27/29 | 25/25 | 20/20 | 20/20 | 20/20 | 20/20 | 20/20 |
| <i>S. typhimurium</i> | 34/34 | 29/28 | 26/26 | 24/23 | 24/23 | 23/23 | 23/23 |
| цефотаксим с рекомбинантным лактоферрином | | | | | | | |
| <i>P. mirabilis</i> | 36/36 | 31/31 | 27/27 | 27/27 | 25/25 | 25/25 | 25/25 |
| <i>E. coli</i> A20 | 30/31 | 30/31 | 30/31 | 30/31 | 30/31 | 30/31 | 30/31 |
| <i>K. pneumoniae</i> | 26/28 | 21/21 | 16/16 | - | - | - | - |
| <i>S. typhimurium</i> | 45/45 | 34/34 | 30/30 | 30/30 | 30/30 | 30/30 | 30/30 |

Таблица 4 – Результаты исследований определения бактерицидной активности комплексного препарата на основе цефепима с рекомбинантным лактоферрином

| Соотношение препарата и микроорганизмов | Концентрация микроорганизмов после 3-часового контакта, тыс. КОЕ | | | | |
|---|--|----------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | <i>P. multocida</i> | <i>E. coli</i> | <i>S. typhimurium</i> | <i>P. mirabilis</i> | <i>K. pneumoniae</i> |
| 1:1 | 465 | 465 | 470 | 480 | 460 |
| 2:1 | 455 | 450 | 440 | 475 | 430 |
| 3:1 | 415 | 390 | 380 | 420 | 400 |
| 1:2 | 475 | 470 | 485 | 485 | 480 |
| 1:3 | 485 | 480 | 490 | 485 | 490 |
| 1:5 | 500 | 490 | 500 | 490 | 495 |
| 5:1 | 315 | 260 | 250 | 260 | 290 |
| 0:1 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |

Таблица 5 – Результаты исследований определения бактерицидной активности комплексного препарата на основе цефотаксима с рекомбинантным лактоферрином

| Соотношение препарата и микроорганизмов | Концентрация микроорганизмов после 3-часового контакта, тыс. КОЕ | | | | |
|---|--|----------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | <i>P. multocida</i> | <i>E. coli</i> | <i>S. typhimurium</i> | <i>P. mirabilis</i> | <i>K. pneumoniae</i> |
| 1:1 | 480 | 480 | 475 | 485 | 480 |
| 2:1 | 450 | 470 | 460 | 465 | 465 |
| 3:1 | 410 | 430 | 445 | 440 | 450 |
| 1:2 | 485 | 485 | 480 | 485 | 480 |
| 1:3 | 490 | 485 | 490 | 490 | 490 |
| 1:5 | 500 | 490 | 500 | 495 | 500 |
| 5:1 | 310 | 230 | 290 | 270 | 250 |
| 0:1 | 500 | 500 | 500 | 500 | 500 |

Результаты оценки бактериостатической активности комплексных препаратов на основе антибактериальных субстан-

ций с рекомбинантным лактоферрином для сельскохозяйственных животных представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты оценки бактериостатической активности комплексных препаратов на основе антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином

| Препарат и его компоненты | Диаметр зоны задержки роста, мм | | | | |
|---|---------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| | <i>P. multocida</i> | <i>E.coli</i> | <i>S. typhimurium</i> | <i>P. mirabilis</i> | <i>K. pneumoniae</i> |
| Цефотаксим с рекомбинантным лактоферрином | 25 | 23 | 24 | 22 | 22 |
| Цефепим с рекомбинантным лактоферрином | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 |

В результате проведенных исследований установлена минимальная ингибирующая концентрация рекомбинантного лактоферрина, которая составила 50 мг/мл.

Наиболее выраженная антибактериальная активность в отношении тест-культур наблюдалась при совместном использовании антибиотиков цефотаксима и цефепима с лактоферрином, при этом антибактериальная активность лактоферрина наблюдается по отношению ко всем тест-культурам.

При оценке скорости формирования антибиотикорезистентности антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином установлено, что при первом применении они эффективно действуют на все типы используемых в исследовании бактерий, и их чувствительность снижалась только после третьего контакта с препаратом. Важно, что после трех контактов цефотаксима с рекомбинантным лактоферрином и *K. pneumoniae* сформировалась выраженная резистентность, и это необходимо учитывать при применении препарата животным. Применение цефепима с рекомбинантным лактоферрином не вызывает выраженной резистентности.

Таким образом, комплексное использование при бактериальных инфекциях антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином эффективно действует на все типы исследуемых бактерий, и их чувствительность снижается по мере уменьшения концентрации препарата. При применении антибактериальных субстанций с рекомбинантным лактоферрином важно учитывать результаты предыдущих исследований, особенно касающихся резистентности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение антибактериальных свойств белорусского рекомбинантного лактоферрина, полученного из молока трансгенных коз, и его сочетаний с антибактериальными субстанциями позволило оценить противомикробную активность лактоферрина, установить синергидный эффект применения отечественного лактоферрина с антибиотиками. Это даст возможность уменьшить дозу, токсический эффект, снизить антибиотикорезистентность и повысить эффективность применения в комплексной антибактериальной терапии.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изучение влияния протеолитических компонентов лактоферрина на иммунную систему лабораторных животных / С. А. Староверов [и др.] // Ветеринарная медицина XXI века. Инновации, обмен опытом и перспективы развития: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 2012 г. / ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ»; редкол.: А. А. Волков [и др.]. – Саратов, 2012. – С. 298–299.
2. Gonzalez-Chavez, S. A. Lactoferrin: structure, function and applications / S. A. Gonzalez-Chavez, S. Arevalo-Gallegos, Q. Rascon-Cruz // *International Journal of Antimicrobial Agents*. – 2009. – Vol. 33. – P. 301–308.
3. Pakkanen, R. Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrums / R. Pakkanen, J. Aalto // *Int. Dairy J.* – 1997. – Vol. 7. – P. 285–297.
4. Rainard, P. Bacteriostatic activity of bovine milk lactoferrin against mastitic bacteria / P. Rainard // *Vet. Microbiol.* – 1986. – Vol. 11. – P. 387–392.
5. Susceptibilities against bovine lactoferrin with microorganisms isolated from mastitic milk / N. Y. Lee [et al.] // *J. Vet. Med. Sci.* – 2004. – Vol. 66. – P. 1267–1269.

Василькова В.П., кандидат ветеринарных наук, доцент
Щемелева Н.Ю., кандидат ветеринарных наук, доцент
Погуляева Т.Д., соискатель

РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеслесского», г. Минск, Республика Беларусь

СХЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА РЕПЕЛЛЕНТНОГО СРЕДСТВА

Резюме

В статье представлена схема применения в условиях животноводческих хозяйств экспериментального образца репеллентного средства. По итогу выполненных исследований можно заключить, что лучший результат (92,65 %) после применения экспериментального образца репеллентного средства был получен в помещениях 2-й группы, где обработка проводилась двукратно один раз в сутки с интервалом 7 дней. В 3-й группе, где обработка проводилась двукратно один раз в сутки с интервалом 14 дней, результат составил 91,26 %.

Ключевые слова: мухи, экспериментальный образец репеллентного средства, профилакторий, отделение дойного стада.

Summary

This article presents a diagram of the application of an experimental repellent sample on livestock farms. The study concluded that the best response (92,65 %) after application of the experimental repellent sample was achieved in group 2 facilities, where treatment was administered twice daily, 7 days apart. In group 3, where treatment was administered twice daily, 14 days apart, the response was 91,26 %.

Keywords: flies, experimental sample of repellent, dispensary, dairy herd department.

Поступила в редакцию 01.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Мухи, слепни, оводы, комары, москиты, мошки и прочие летающие насекомые представляют собой серьезную проблему для агропромышленных предприятий и фермерских хозяйств, специализирующихся на производстве мяса и молока. Двукрылые насекомые в период активного лёта (май-август) причиняют животным дискомфорт, вызывая мучительный зуд и воспалительные процессы кожного покрова. Коровы отказываются от еды, становятся агрессивными, и, как следствие, в среднем на 20–35 % снижаются удои. Привесы телят и нагульного скота также снижаются, а чувствительность к инфекционным и инвазионным заболеваниям повышается [1, 5, 7].

Когда насекомые в больших количествах попадают в носовую полость, корова их вдыхает. В трахее и бронхах они вызывают сильное раздражение, асфиксию и могут стать причиной смерти от остановки дыхания.

Кровососущие насекомые при укусе выделяют слюну с антикоагулянтами, которая при массовом попадании в кровь может вызвать аллергическую реакцию и анафилактический шок. Особенно тяжело это переносит молодняк. Гемолитический токсин, выделяемый кровососущими насекомыми, у взрослых животных вызывает угнетенное состояние, а у телят приводит к гибели. Эти патологические явления, являющиеся результатом больших доз гемолитических токсинов, называются симулиидотоксикозом. Его опасность для телят сохраняется на протяжении всего периода лёта гнуса, даже когда кажется, что его немного.

При симулиидотоксикозе телята теряют аппетит, угнетены, начинается саливация, выделения из глаз и носа. Температура тела повышена, пульс становится учащенным и аритмичным, часто бывает одышка, в местах укусов – кровоподтеки.

Для решения проблемы необходимы профилактические мероприятия с ис-

пользованием инсектоакарицидных препаратов для наружного применения [2, 5, 6], а также изыскание новых репеллентных препаратов, обладающих пролонгированным сроком отпугивающего действия [4].

Следует отметить, что репеллентные препараты для защиты животных от гнуса в настоящее время почти не разрабатываются, а имеющийся ассортимент не удовлетворяет потребностям ветеринарной практики. Анализ состояния данной проблемы за последние годы свидетельствует о значительном ухудшении положения дел с проведением защитных обработок животных против гнуса, что связано с недостаточным финансированием и небольшим ассортиментом репеллентов. Поэтому возрастает значение исследований, направленных на разработку препаративных форм репеллентов, которые, наряду с высокой эффективностью, были бы экономически выгодными и простыми в применении, малотоксичными для животных и не загрязняли бы окружающую среду.

Наибольший интерес представляет новая субстанция этилбутилацетиламинопропионат (инсекторепеллент 3535, IR3535) – химическое вещество, структурно похожее

на природную аминокислоту В-аланин. IR3535 считается безопасным для человека репеллентом. Он одобрен многими регулирующими органами, включая ВОЗ и Environmental Protection Agency (Агентство по охране окружающей среды, США), разрешен для использования детям и беременным женщинам.

Цель наших исследований – отработать схему применения экспериментального образца репеллентного средства в условиях животноводческих хозяйств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили в профилакториях для телят и в отделениях дойного стада РСУП «Экспериментальная база “Заозерье”» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» Пуховичского р-на Минской обл.

С целью определения оптимальной схемы применения экспериментального образца репеллентного средства было сформировано 4 группы помещений по принципу условных аналогов (таблица 1). Объем исследований – 130 доз экспериментального образца препарата.

Таблица 1 – Схема отработки доз и кратности применения экспериментального образца репеллентного средства в производственных условиях

| Группы исследуемых помещений | Исследуемые помещения | Кол-во животных, содержащихся в исследуемых помещениях, гол. | Доза препарата, мл/м ² /концентрация, % | Кратность применения |
|------------------------------|--|--|--|---|
| 1 | 1 профилакторий, 1 отделение дойного стада | 28 телят, 113 коров | 50/20 | 1 раз в сутки |
| 2 | 1 профилакторий, 1 отделение дойного стада | 35 телят, 106 коров | 50/25 | 1 раз в сутки, повторная обработка через 7 суток |
| 3 | 1 профилакторий, 1 отделение дойного стада | 25 телят, 112 коров | 50/25 | 1 раз в сутки, повторная обработка через 14 суток |
| 4 (контроль) | 1 профилакторий, 1 отделение дойного стада | 29 телят, 97 коров | препарат не применялся | |

Эффективность применения экспериментального образца репеллентного средства проводили паразитологическими методами на основании учета количества мух с использованием показателя экстенс-

эффективности (далее по тексту – ЭЭ, %) согласно руководству [3].

Непосредственно перед опытом и в течение его визуально проводили учет численности мух, подсчитывая среднее

число насекомых (из трех подсчетов) на 1 м² поверхности в излюбленных местах их скопления (стенки домиков для телят, кор-мушки).

Учет эффективности работы образ-цов проводили через сутки и далее – на 7-е, 14-е, 21-е, 30-е и 60-е сутки исследования. При учете отмечали наличие летающих мух в помещениях в утренние часы до начала залета новых насекомых.

При испытании инсектицидных средств в натурных условиях, когда об их эффективности (Y %) судят по уменьше-нию численности объектов на опытном и контрольном участках, расчет проводят по формуле:

$$Y = 100 - \frac{A_t \times B_0}{A_0 \times B_t} \times 100 ,$$

где A_0 – количество объектов на опыт-ном участке до использования средства;

B_0 – количество объектов на кон-трольном участке до использования сред-ства;

A_t – количество объектов через t су-ток (часов) на опытном участке после ис-пользования средства;

B_t – количество объектов через t су-ток (часов) в контроле после использова-ния средства.

Эффективно значимым считается показатель ЭЭ не ниже 65–70 % при визуальном снижении количества летаю-щих насекомых.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При проведении визуального учета численности мух на 1 м² поверхности в исследуемых помещениях было определе-но среднее количество мух до и после обработок (таблица 2).

Таблица 2 – Среднее количество мух до и после обработок на 1 м² поверхности

| Дни исследований | Среднее количество мух, ед./м ² | | | |
|------------------|--|------------|------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 (контроль) |
| До исследований | 32,33±4,91 | 34,33±3,28 | 30,66±4,91 | 37,0±4,72 |
| Через 1 сутки | 10,33±0,88 | 8,66±1,20 | 12,33±2,02 | 34,0±4,72 |
| Через 7 суток | 13,66±0,88 | 13,0±1,73 | 14,66±2,60 | 37,66±4,37 |
| Через 14 суток | 17,66±1,45 | 3,0±0,57 | 18,0±2,08 | 44,0±5,85 |
| Через 21 сутки | 19,0 ±2,51 | 4,0±0,57 | 3,33±0,88 | 46,0±3,78 |
| Через 30 суток | 21,33±1,45 | 16,33±2,40 | 5,66±1,20 | 42,33±3,52 |
| Через 60 суток | 25,0±2,30 | 22,66±1,20 | 17,0±2,08 | 47,66±8,25 |

Анализ таблицы 2 показал, что в ре-зультате проведенного эксперимента были установлены следующие минимальные ко-личества мух:

- через сутки после обработки экспе-риментальным образцом репеллентного средства помещений 1-й группы количе-ство мух составило 10,33±0,88 ед./м²;

- количество мух через 14 суток от начала эксперимента в помещениях 2-й группы, или через 7 суток после последней

обработки, было в пределах 3,0±0,57 ед./м²;

- через 21 сутки опыта (спустя 7 су-ток после последней обработки) количе-ство мух в помещениях 3-й группы соста-вило 3,33±0,88 ед./м².

В помещении группы контроля среднее количество мух на протяжении всего эксперимента варьировало от 34,0±4,72 до 47,66±8,25 ед./м².

Таблица 3 – Экстенсэффективность экспериментального образца репеллентного средства, %

| Дни исследований | Экстенсэффективность, % | | |
|------------------|-------------------------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Через 1 сутки | 65,22 | 72,54 | 56,23 |
| Через 7 суток | 58,48 | 62,79 | 53,02 |
| Через 14 суток | 54,06 | 92,65 | 50,63 |
| Через 21 сутки | 52,72 | 90,62 | 91,26 |
| Через 30 суток | 42,33 | 58,42 | 83,86 |
| Через 60 суток | 39,96 | 48,75 | 56,95 |

При определении экстенсивности экспериментального образца репеллентного средства (таблица 3) было установлено, что в 1-й группе она составила 65,22 % через сутки после обработки помещений экспериментальным образцом репеллентного средства, во 2-й группе – 92,65 % через 14 суток от начала эксперимента, или через 7 суток после последней обработки помещений, в 3-й группе – 91,26 % через 21 сутки опыта (спустя 7 суток после последней обработки помещений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного эксперимента можно заключить, что лучший результат (92,65 %) после применения экспериментального образца репеллентного средства был получен в помещениях 2-й группы, где обработка проводилась двукратно один раз в сутки с интервалом 7 дней. В 3-й группе, где обработка проводилась двукратно один раз в сутки с интервалом 14 дней, результат составил 91,26 %. Эти образцы взяты для проведения дальнейшей экспериментальной работы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акбаев, Р. М. Метод оценки эффективности инсектоакарицидов в форме дуста в отношении эктопаразитов / Р. М. Акбаев // *Ветеринария*. – 2017. – № 12. – С. 33–36.
2. Методы борьбы с кровососущими насекомыми в животноводческих помещениях и на пастбище / С. В. Енгашев, М. Д. Новак, В. И. Колесников [и др.] // *Ветеринария*. – 2013. – № 4. – С. 32–34.
3. Методы лабораторных исследований и испытаний медикопрофилактических дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности : руководство. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. – 615 с.
4. Переносимость лекарственного препарата Флайблок® инсектицидная бирка телятами при пастбищном содержании / С. В. Енгашев, С. А. Шемякова, М. А. Алиев [и др.] // *Ветеринария*. – 2021. – № 4. – С. 41–45.
5. Рамзаева, Ю. С. Лечебное действие синтетических пиретроидов при эктопаразитах крупного рогатого скота / Ю. С. Рамзаева, Д. С. Филиппов // *Научно-практические тенденции и аспекты АПК Юга России: сб. науч. трудов*. – Ставрополь, 2018. – С. 78–80.
6. Эффективность приманки Флайблок гранулы против зоофильных мух в условиях животноводческого комплекса / С. В. Енгашев, М. Д. Новак, Е. С. Енгашева [и др.] // *Международный вестник ветеринарии*. – 2013. – № 2. – С. 74–81.
7. Эффективность препарата Флайблок инсектицидная бирка при арахноэнтомозах рогатого скота / Н. А. Кошкина, В. И. Колесников, М. С. Лоптева [и др.] // *Сельскохозяйственный журнал*. – 2018. – № 3 (11). – С. 74–80.

Пероксисорбофит

СУХОЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕЕ
СРЕДСТВО

НОВИНКА!

ОБЛАДАЕТ ШИРОКИМ СПЕКТРОМ ДЕЙСТВИЯ ПРИ ИНФЕКЦИЯХ
БАКТЕРИАЛЬНОЙ, ВИРУСНОЙ И ГРИБКОВОЙ ЭТИОЛОГИИ

ПРИМЕНЯЕТСЯ:

- ▶ в родильных помещениях, при отъеме молодняка от маток, а также в период перевода молодняка в другие помещения
- ▶ в качестве подстилки в репродукторах, маточниках на свиноводческих и птицеводческих объектах



WWW.BIEVM.BY



Притыченко А.Н., кандидат ветеринарных наук, доцент
Емельянов М.А., ветеринарный врач
Кузьминский И.И., кандидат ветеринарных наук, доцент
Кныш Н.В., кандидат ветеринарных наук

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

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЙ РАЗВИТИЯ КРАСНОГО КУРИНОГО КЛЕЩА *DERMANYSSUS GALLINAE*

Резюме

В статье обобщены данные двух опытов по изучению влияния ультрафиолетового излучения на различные стадии развития красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* с использованием установки собственной разработки мощностью 120 W.

Ключевые слова: красный куриный клещ, птица, ультрафиолетовое облучение, стадии развития красного куриного клеща.

Summary

This article summarizes data from two experiments examining the effectiveness of ultraviolet irradiation on various developmental stages of the red fowl mite, *Dermanyssus gallinae*, using proprietary 120 W units.

Keywords: poultry red mite, poultry, ultraviolet irradiation, poultry red mite developmental stages.

Поступила в редакцию 04.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Птицеводство в Республике Беларусь является важной отраслью животноводства, играет существенную роль в продовольственном балансе и занимает особое место в обеспечении продовольственной безопасности страны [7]. Основное поголовье птиц представлено курами различных возрастов, которые являются источниками ценных продовольственных товаров (пищевые яйца, мясо), сырья для промышленности и органических удобрений для АПК [8]. Применение инновационных технологий, способствующих сохранению здоровья поголовья птиц, позволяет производить экологически чистую и питательную продукцию.

В мировой структуре производства мяса доля мяса птицы приближается к 40 %, что гораздо выше доли свинины (33 %), мяса крупного рогатого скота (22 %) и баранины (5 %). Доля производства мяса птицы в структуре мясного направления России превышает 40 % и находится на первом месте после производства свинины (37 %) и говядины (17 %), что сопоставимо с долей ведущих стран мира, являющихся поставщиками мяса

птицы на мировой рынок, – США, Турции, Беларуси [6, 7].

Специалисты, работающие в птицеводстве, подчеркивают особую актуальность мероприятий по борьбе с эктопаразитами, т.к. они влияют на экономическую эффективность как птицеводческих предприятий яичного, так и мясного направлений. Так, по данным представителей профильных организаций Евросоюза, экономический ущерб от паразитирования красного куриного клеща оценивается в 1 € на голову птицы, достигая в тяжёлых случаях 3 €, что в большей степени относится к курам-несушкам [1, 2, 5, 6, 7, 8].

Высокие производственные показатели отрасли обусловлены качественными условиями содержания и кормления птиц, профессиональным подходом к организации ветеринарно-санитарных мероприятий.

Вместе с тем птицеводство несет существенные затраты на мероприятия, связанные с профилактикой заразных болезней. Среди них огромное количество средств уходит на борьбу с паразитарными болезнями [16]. В связи с переводом отрасли на промышленную основу в крупных

птицеводческих предприятиях, где на ограниченных площадях концентрируется огромное количество птицы, создаются исключительные условия для развития популяции некоторых паразитических членистоногих [14]. Огромный ущерб хозяйствам наносят болезни, вызываемые гамазозидными клещами.

Наряду с этим, существует огромная проблема арахнозов птиц, среди которых немаловажную роль играет дерманиссиоз кур [1, 2, 3, 6, 7]. Красный куриный клещ *Dermanyssus gallinae* является самым распространенным представителем паразитической акарофауны на птицеводческих предприятиях многих стран, включая Беларусь. Известно, что поражение птицы красным куриным клещом нередко усугубляется одновременным паразитированием его в составе паразитоценоза с клещом *Ornithonyssus sylviarum* [3, 4, 6, 12].

В яичном птицеводстве экономический ущерб от инвазирования красным куриным клещом складывается из потерь в результате гибели или вынужденного убоя истощенной птицы, снижения яйценоскости на 40–55 %, ухудшения товарного вида яйца (кровавые пятна и клещи на скорлупе и упаковке), получения маловесных (при средней степени инвазии масса уменьшается на 0,2 г, при высокой – на 0,5–1,0 г) и низкосортных яиц. Экономический ущерб за период выращивания цыплят-бройлеров складывается из увеличения потребления корма, снижения массы тела, гибели или вынужденного убоя истощенной птицы [1, 5, 6, 9, 11, 15].

Следует отметить, что существующие методы борьбы, а также профилактики дерманиссиоза не удовлетворяют требованиям птицеводов, поскольку, несмотря на имеющийся огромный опыт, данная инвазия до сих пор занимает лидирующие позиции среди паразитозов кур. В подтверждение этого, по литературным данным, результаты оценки эффективности известных методов борьбы с красным куриным клещом, особенно в племенном птицеводстве, достаточно разноречивы.

Красный куриный клещ питается кровью, нападая на птиц чаще в ночное время. Днем этот вид клещей, как и персидский клещ, прячется в укромных местах (щели, трещины, стыки производственных конструкций, перекрестия решеток

и т.д.). При нападении большого количества клещей птица становится беспокойной, снижаются яйценоскость (свыше 15 %) и иммунный статус, а у бройлеров – привесы. Птица хуже поедает корм, снижается его конверсия. Места укусов поражаются патогенной микрофлорой, что приводит к нагноениям. Такая птица может подвергаться нападению со стороны своих сородичей, в результате на теле образуются кровоточащие раны. При высокой интенсивности инвазии отмечается увеличение летальности.

Учитывая значительные экономические потери от дерманиссиоза, а также существенный дискомфорт обслуживающего персонала по причине появления у него крапивницы, дерматита, зуда и прыщей, имеющегося риска передачи различных зоонозов, проблема борьбы с красным куриным клещом и недопущения его распространения представляет исключительную актуальность.

Килпенен О. публикует данные, что на одну птицу-несушку приходится до 50000 клещей, но плотность заселения может достигать 500000 особей на одну курицу в случае высокой интенсивности инвазии. Интересны такие факты, что ежедневная потеря крови у инфицированных птиц может оставлять свыше 6 %, и каждый раз при укусе клещом теряется примерно 200,0 мкл крови, поэтому при высокой заклещенности вероятность гибели птицы от анемии чрезвычайно высока. Кроме того, *Dermanyssus gallinae* может стать вектором инфицирования птицы бактериальными и вирусными патогенами. Доказано, что клещи являются переносчиками практически всех инфекционных болезней, передающихся в том числе трансмиссивно, – сальмонеллеза, эшерихиоза, пастереллеза, гриппа птиц, инфекционной анемии, Ньюкаслской болезни, болезни Марека, инфекционного бронхита кур, инфекционной бурсальной болезни, синдрома снижения яйценоскости, оспы, туберкулеза, орнитоза и др. Не исключается трансмиссивная передача протозоозных болезней птиц (эймериоз), а также грибковых болезней (микозы и микотоксикозы).

С учётом важности птицеводческой отрасли для обеспечения продовольственной безопасности страны перед ветеринарной наукой стоит первоочередная задача –

не допускать занос паразита через факторы передачи, прежде всего с тарой, инкубационным яйцом, транспортными средствами, персоналом в хозяйствах, а также внедрить действенные меры, которые позволят ликвидировать инвазию на предприятиях, где она уже имеется, что требует новых решений, преимущественно при санации яиц, а также других способов профилактики с учетом биологических свойств красного куриного клеща. Следует отметить, что существующие методы профилактики и борьбы с дерманиссиозом не позволяют добиться благополучия по этому заболеванию на птицеводческих предприятиях, поскольку, несмотря на имеющийся огромный опыт, данная инвазия до сих пор занимает лидирующую позицию среди паразитозов кур [2, 7, 14]. Результаты оценки эффективности известных методов борьбы с красным куриным клещом, особенно в племенном птицеводстве, по данным ряда исследователей, достаточно разноречивы [2, 9, 11, 13, 14].

Целью работы было изучить эффективность применения ультрафиолетового излучения на жизнеспособность различных стадий развития красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* с использованием установки собственной разработки мощностью 120 W.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При разработке стратегии профилактики и борьбы с дерманиссиозом кур в Республике Беларусь с учетом особенностей распространения болезни при клеточном содержании птицы, которая дает возможность локализовать инвазию и предотвращает занос красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae*, провели работу по изучению эффективности применения ультрафиолетового облучения с использованием установки собственной разработки мощностью 120 W.

Работа выполнялась на базе отдела ветеринарии РУП «Опытная научная стан-

ция по птицеводству» и в птицеводческих предприятиях Республики Беларусь. Объектом исследований служили яичные породы кур различных возрастов.

При проведении исследований использовались паразитологические, микроскопические, клинические, статистические и другие методы. Обследованию подвергались помещения птичников, в особенности батареи и клетки для содержания птицы. Оценку интен- и экстенсинвазирования проводили в типовых птичниках с клеточным содержанием кур с помощью визуального и механического контроля, потенциальных мест обитания клещей, а также клещевых ловушек в модификации авторов.

Ранее нами были отработаны режимы инаktivирования красного куриного клеща при помощи ультрафиолетового облучения с помощью ультрафиолетовой установки собственной разработки мощностью 95 W [10].

Дальнейшие исследования по влиянию ультрафиолетового излучения на жизнеспособность различных стадий развития красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* проводились с помощью установки собственной разработки мощностью 120 W (экспозиция – 1–4 минуты, расстояние от объекта – 10 см).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ранее нами было установлено, что гибель различных стадий красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* наблюдалась при воздействии ультрафиолетового излучения при 6-минутной экспозиции установкой собственной разработки мощностью 95 W [10].

Результаты влияния ультрафиолетового излучения на жизнеспособность различных стадий развития красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* с помощью ультрафиолетовой установки собственной разработки мощностью 120 W представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1 – Облучение УФ лампой мощностью 120 W 1 мин

| Яйцо | Живые | Ларва | Живые | Протонимфа | Живые | Дейтонимфа | Живые | Имаго | Живые |
|------|-------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 13 | 3 | 165 | 2 | 50 | 2 | 28 | 2 | 4 | 1 |
| 11 | 2 | 155 | 1 | 51 | 1 | 25 | 1 | 5 | 1 |
| 12 | 3 | 150 | 2 | 49 | 2 | 26 | 2 | 5 | 2 |
| 10 | 2 | 156 | 2 | 55 | 1 | 24 | 1 | 6 | 1 |
| 13 | 2 | 158 | 1 | 54 | 2 | 25 | 1 | 7 | 2 |

Таблица 2 – Облучение УФ лампой мощностью 120 W 2 мин

| Яйцо | Живые | Ларва | Живые | Протонимфа | Живые | Дейтонимфа | Живые | Имаго | Живые |
|------|-------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 15 | 1 | 155 | 1 | 50 | 2 | 25 | 2 | 3 | 1 |
| 12 | 1 | 146 | 1 | 51 | 1 | 26 | 1 | 4 | 2 |
| 13 | 1 | 145 | 1 | 52 | 2 | 24 | 2 | 3 | 1 |
| 12 | 2 | 135 | 1 | 53 | 1 | 23 | 1 | 4 | 1 |
| 10 | 1 | 136 | 1 | 51 | 1 | 24 | 1 | 3 | 1 |

Таблица 3 – Облучение УФ лампой мощностью 120 W 3 мин

| Яйцо | Живые | Ларва | Живые | Протонимфа | Живые | Дейтонимфа | Живые | Имаго | Живые |
|------|-------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 12 | 2 | 148 | 2 | 59 | 2 | 25 | 2 | 2 | 1 |
| 10 | 1 | 149 | 1 | 56 | 1 | 24 | 2 | 3 | 1 |
| 11 | 1 | 142 | 2 | 47 | 1 | 27 | 2 | 3 | 1 |
| 11 | 1 | 139 | 1 | 59 | 2 | 24 | 1 | 4 | 1 |
| 12 | 1 | 137 | 1 | 53 | 1 | 26 | 1 | 3 | 1 |

Таблица 4 – Облучение УФ лампой мощностью 120 W 4 мин

| Яйцо | Живые | Ларва | Живые | Протонимфа | Живые | Дейтонимфа | Живые | Имаго | Живые |
|------|-------|-------|-------|------------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 13 | 0 | 156 | 0 | 59 | 0 | 23 | 0 | 2 | 0 |
| 12 | 0 | 149 | 0 | 59 | 0 | 24 | 0 | 3 | 0 |
| 11 | 0 | 150 | 0 | 55 | 0 | 26 | 0 | 3 | 0 |
| 12 | 0 | 146 | 0 | 58 | 0 | 25 | 0 | 3 | 0 |
| 11 | 0 | 149 | 0 | 58 | 0 | 24 | 0 | 3 | 0 |

Из таблиц 1–3 видно, что при увеличении экспозиции облучения на 1 мин количество жизнеспособных особей уменьшалось, но полной инактивации не происходило. Наиболее эффективной признана 4-минутная обработка, после которой все особи красного куриного клеща различных стадий были инактивированы на 100 % (таблица 4).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, результаты опытов показали, что воздействие ультрафиолетового излучения оказывает губительное действие на различные стадии красного куриного клеща. При облучении установкой собственной разработки мощностью 120 W полная инактивация особей различных стадий *Dermanyssus gallinae* наблюдалась при 4-минутной экспозиции.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Водянов, А. А. Ветеринарная акарология / А. А. Водянов, Ф. И. Василевич, Р. М. Акбаев // Паразитология и инвазионные болезни животных: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Ветеринария» / М. Ш. Акбаев [и др.]; ред. М. Ш. Акбаев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Колосс, 2008. – С. 609–643.
2. Герасимчик, В. А. Арахнозы и энтомоzoы птиц / В. А. Герасимчик // Наше сельское хозяйство. – 2018. – № 18. – С. 42–46.
3. Дичаковська, В. Пташиний кліщ / В. Дичаковська // Наше птахівництво. – 2011. – № 2. – С. 51–53.
4. Колос, Н. Точка зору / Н. Колос // Наше птахівництво. – 2013. – № 4. – С. 6–9.
5. Леонович, С. А. Пальпальный рецепторный орган куриного клеща *DERMANYSSUS GALLINAE* (ACARI: DERMANYSSIDAE) / С. А. Леонович // Паразитология. – СПб. – 2007. – Т. 41. – № 3. – С. 218–222.
6. Лизун, Р. Осторожно: Эктопаразиты! Как уберечь птицу от клещей / Р. Лизун // Животноводство России: научно-практический журнал для руководителей и специалистов АПК. – М. – 2017. – С. 19–20.
7. Миклашевская, Е. В. Формирование эктопаразитарных систем в промышленном птицеводстве и их коррекция // Ученые записки Учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». – 2019. – Т. 55. – № 2. – С. 51–55.

8. Миклашевская, Е. В. Дерматиссиоз кур и меры по его профилактике : рекомендации / Е. В. Миклашевская. – Витебск : УО ВГАВМ, 2020. – 20 с.

9. Новиков, П. В. Меры борьбы и профилактики с красным куриным клещом в промышленном птицеводстве / П. В. Новиков, Р. Т. Сафиуллин // Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями. – 2018. – № 19. – С. 361–363.

10. Притыченко, А. Н. Влияние ультрафиолетового излучения на жизнеспособность различных стадий развития красного куриного клеща *Dermanyssus gallinae* / А. Н. Притыченко, М. А. Емельянов, И. И. Кузьминский [и др.] // 120 лет казахской ветеринарной науке: достижения и новые вызовы в обеспечении биологической безопасности : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 120-летию со дня основания Казахского научно-исследовательского ветеринарного института, Алматы, 15-16 мая 2025 г. – Алматы : ТОО «КазНИВИ», 2025. – С. 461–467.

11. Сафронов, А. М. Маллофагоз и дерматиссиоз, совершенствование мер борьбы: дисс. ... канд. ветеринар. наук : 03.02.11 / А. М. Сафронов. – Ставрополь, 2020. – 141 с.

12. Форбс, Н. Паразиты птицы – повод для беспокойства? / Н. Форбс // Эффективне птахівництво. – 2011. – № 8. – С. 47–48.

13. Яроцук, А. И. Разработка мер борьбы с эктопаразитами сельскохозяйственных птиц в условиях современного промышленного птицеводства: автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук: 03.02.11 / А. И. Яроцук ; Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины. – СПб., 2019. – 23 с.

14. Ятусевич, А. И. Дерматиссиоз кур в промышленном птицеводстве / А. И. Ятусевич, Е. В. Миклашевская // Экология и животный мир. – 2020. – № 1. – С. 21–27.

15. Ятусевич, А. И. Дерматиссусы в эколого-биологическом ценозе эктопаразитов куриных птиц / А. И. Ятусевич, Е. В. Миклашевская // Ветеринарный журнал Беларуси. – 2018. – № 1 (8). – С. 3–6.

16. Ятусевич, А. И. Меры борьбы с эктопаразитами куриных птиц : рекомендации / А. И. Ятусевич, А. А. Вербицкий, Е. В. Миклашевская. – Витебск : УО ВГАВМ, 2019. – 19 с.

ПРЕПАРАТ ВЕТЕРИНАРНЫЙ

ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО
СКОТА И ОВЕЦ

содержит
диклазурил, фумаровую кислоту

ПОЛИКОКС

противококцидиозное
средство

применяют в целях лечения и
профилактики протозойных
болезней, вызванных эймериями
и криптоспоридиями



WWW.BIEVM.BY

не вызывает
осложнений
и побочных
эффектов



Тяпша Ю.И., кандидат ветеринарных наук, доцент
Стрельчenea И.И., кандидат ветеринарных наук, доцент
Дубаневич О.В., старший научный сотрудник
Андрусеvич А.С., кандидат ветеринарных наук, доцент
Черевако О.В., младший научный сотрудник

РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского», г. Минск,
Республика Беларусь

ДЕКОНТАМИНАЦИЯ ЛИНИЙ КУЛЬТУР КЛЕТОК ОТ МИКОПЛАЗМ И АХОЛЕПЛАЗМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Резюме

В статье представлены экспериментальные данные по разработке и оценке эффективности схем деконтаминации перевиваемых культур клеток от бактерий класса *Mollicutes* (микоплазмы и ахолеплазмы). На линиях клеток СПЭВ и 3КГ, контаминированных микоплазмами, проводилась сравнительная оценка эффективности трех схем антимикробной терапии: коммерческих препаратов *Plasmocin* и *Plasmocure*, а также комбинации тилозина с доксициклином. Установлена высокая эффективность всех схем при их адаптации к конкретным условиям культивирования. Рассмотрены механизмы действия применяемых антибиотиков и их потенциальная активность в отношении микоплазм и ахолеплазм, учитывая общие мишени в прокариотических клетках. Сформулированы принципы и алгоритм действий для разработки эффективных схем деконтаминации.

Ключевые слова: деконтаминация, культура клеток, микоплазмы, ахолеплазмы, антибиотики, *Plasmocin*, *Plasmocure*, тилозин, доксициклин, ПЦР.

Summary

The article presents experimental data on the development and evaluation of the effectiveness of decontamination schemes for transplanted cell cultures from *Mollicutes* class bacteria (mycoplasma and achleplasma). The efficacy of three antimicrobial regimens, commercial *Plasmocin* and *Plasmocure*, as well as the combination of tylosin and doxycycline, was compared in mycoplasma-contaminated EPS and 3KG cell lines. The high efficiency of all schemes in their adaptation to specific cultivation conditions has been established. Mechanisms of action of applied antibiotics and their potential activity against mycoplasmas and achleplasmas, considering common targets in prokaryotic cells, are considered. Principles and algorithm of actions for development of effective decontamination schemes are formulated.

Keywords: decontamination, cell culture, mycoplasmas, achleplasmas, antibiotics, *Plasmocin*, *Plasmocure*, tylosin, doxycycline, PCR.

Поступила в редакцию 05.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Применение перевиваемых культур клеток является частью современной биомедицины, вирусологии, биотехнологии и фармакологии. Однако надежность и воспроизводимость экспериментов напрямую зависят от чистоты и стабильности используемых клеточных линий. Одной из наиболее распространенных проблем в этой области является контаминация микроорганизмами класса *Mollicutes* – микоплазмами *Mycoplasma spp.* и ахолеплазмами *Acholeplasma spp.* [1, 2].

Эти бактерии, являясь одними из самых мелких и самовоспроизводящихся прокариот, лишены ригидной клеточной стенки [3]. Данная особенность обуславливает их естественную устойчивость к β -лак-

тамным антибиотикам (пенициллинам, цефалоспорином), широко применяемым в практике клеточного культивирования. Микоплазмы могут длительно персистировать в культуре, не вызывая выраженного помутнения среды или резкого цитолиза, что затрудняет их визуальную детекцию [4].

По разным оценкам, около 50 % клеточных линий в мире контаминированы микоплазмами [5, 6]. Наиболее часто в культурах клеток встречаются виды *Mycoplasma orale* (источник – персонал лабораторий), *M. hyorhinis* (источник – трипсин и сыворотка свиного происхождения), *M. arginini* и *Acholeplasma laidlawii* (источник – бычья сыворотка) [7, 8].

Патогенное воздействие микоплазм на культуру клеток включает конкуренцию

за питательные субстраты (глюкозу, аргинин, аминокислоты), выделение токсичных метаболитов (например аммиака), индукцию цитопатических эффектов, изменение пролиферативной активности, индукцию хромосомных aberrаций и апоптоза, а также модуляцию экспрессии генов клетки-хозяина [9, 10]. Все это приводит к получению некорректных и невоспроизводимых экспериментальных данных, потере уникальных клеточных линий, а в биопроизводстве – к браку дорогостоящих партий вакцин или терапевтических белков [11].

В связи с этим разработка и оптимизация эффективных методов деконтаминации (очистки) клеточных культур является актуальной научно-практической задачей. Стратегия борьбы с микоплазмами и ахлеплазмами основана на применении антимикробных препаратов, действующих на синтез белка и репликацию ДНК [12].

Целью настоящего исследования являлась разработка и сравнительная оценка эффективности различных схем антимикробной терапии для очистки конкретных линий контаминированных культур клеток с учетом механизмов действия препаратов и обоснованием их потенциальной применимости для борьбы с микоплазмами и ахлеплазмами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали перевиваемые линии клеток ЗКГ и СПЭВ. Обе линии были предварительно исследованы методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени и идентифицированы как контаминированные микоплазмами. Ахлеплазмы в данных линиях обнаружены не были.

Для деконтаминации применяли три схемы антимикробной терапии:

- коммерческий препарат Plasmocin Treatment («InvivoGen», США), который содержит два бактерицидных компонента: ингибитор синтеза белка (действует на рибосомальную трансляцию) и ингибитор репликации ДНК. Использовали согласно инструкции производителя;

- коммерческий препарат Plasmocure («InvivoGen», США), содержащий два антибиотика, ингибирующих синтез белка через разные механизмы: связывание с 50S субъединицей рибосомы и ингибирование

изолейцил-тРНК-синтетазы. Применяли согласно инструкции;

- комбинация антибиотиков: смесь тилозина (16-членный макролид) в концентрации 15,0 мг/15,0 мл и доксициклина (тетрациклин) в концентрации 75,0 мг/7,5 мл, смешанных в соотношении 1:1. Рабочая концентрация в среде подбиралась эмпирически.

Клеточную линию ЗКГ культивировали в среде ФГМС:DMEM/F12 («ПанЭко», Россия), линию СПЭВ – в среде Игла 199-15. Обе среды обогащали 10%-ной эмбриональной сывороткой крупного рогатого скота (Беларусь) и антибиотиками (100,0 Ед/мл пенициллина, 100,0 мкг/мл стрептомицина). Пассирование клеток проводили стандартным методом с использованием раствора трипсин-Версена (0,25%-ный трипсин, «Central Drug House», Индия) или его аналога.

Клетки культивировали в пластиковых флаконах площадью 25,0 см² («SPL», Корея) и многоруночных планшетах («Corning» или «CoStar Group», США). Все манипуляции выполняли в ламинарном боксе биологической безопасности класса II («Telstar Bio Vanguard», Испания) с соблюдением строгих правил асептики.

Клетки высевали в 24-луночные планшеты из расчета 300,0 тыс. кл/мл и добавляли рабочие концентрации антибиотиков для каждой схемы. После формирования монослоя (48–72 ч), а в дальнейшем – ежедневно состояние клеток контролировали с помощью инвертированного микроскопа Nikon Eclipse TS 100 (Япония). Визуальную оценку морфологии и плотности проводили для мониторинга пролиферативной активности и выявления признаков цитотоксичности. 8 последовательных пассажей выполняли каждые 2–3 дня, постоянно поддерживая рабочие концентрации антибиотиков. При каждом пересеве отбирали образцы клеточной суспензии для контроля уровня контаминации микоплазмами методом ПЦР и, при необходимости, корректировки дозы антибиотиков. Тестирование на наличие микоплазм с видоспецифичными праймерами проводили до начала, в процессе и после завершения курса лечения.

После успешной деконтаминации клеточную суспензию смешивали с крио-

протектором (10%-ный диметилсульфоксид (ДМСО), «Sigma», Германия) и замораживали при температуре минус 86 °С. После разморозки жизнеспособность клеток и отсутствие контаминации контролировали повторно с помощью ПЦР. Микоплазмы в пробах размороженных линий обнаружены не были.

Таблица – Изучение эффективности элиминации микоплазм из клеточных культур различными антибиотиками методом ПЦР в режиме реального времени

| Наименование культур клеток | Plasmocure | | | | Plasmocin | | | | Тилозин + доксициклин | | | |
|-----------------------------|------------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------------------|------|-----------|------|
| | пас-саж | Ct | конт-роль | Ct | пас-саж | Ct | конт-роль | Ct | пас-саж | Ct | конт-роль | Ct |
| ЗГК | 0 | 23,7 | К | 23,7 | 0 | 23,7 | К | 23,7 | 0 | 23,7 | К | 23,7 |
| | IV | 40,0 | К | 23,8 | IV | 40,0 | К | 23,8 | IV | 31,4 | К | 23,8 |
| | VI | NA | К | 23,4 | VII | NA | К | 25,4 | VIII | NA | К | 25,7 |
| СПЭВ | 0 | 24,1 | К | 24,1 | 0 | 24,1 | К | 24,1 | 0 | 24,1 | К | 24,1 |
| | I | NA | К | 24,2 | III | 29,1 | К | 24,2 | III | 30,0 | К | 24,2 |
| | III | NA | К | 23,5 | VII | NA | К | 24,4 | VIII | NA | К | 25,4 |

Примечание – Ct – пороговый цикл детекции (низкое значение Ct (23–25) указывает на высокий уровень загрязнения, высокое значение Ct (>40) или NA (отрицательный результат) свидетельствует об элиминации загрязнения. К (контроль) – необработанные контаминированные клетки, пассаж «0» – исходная точка до лечения

Анализ данных таблицы позволяет сделать следующие выводы: для клеточной линии ЗГК с Plasmocure элиминация произошла между пассажами IV и VI, с Plasmocin – между IV и VII, а с комбинацией тилозин + доксициклин – к VIII пассажу. Для линии СПЭВ Plasmocure показал самую высокую скорость элиминации – уже на I пассаже, Plasmocin и тилозин + доксициклин привели к очищению культуры к VII и VIII пассажам соответственно. Таким образом, Plasmocure показал самую высокую скорость элиминации, особенно для линии СПЭВ. Линия СПЭВ в целом очищалась быстрее, чем ЗГК (кроме схемы с Plasmocin). Комбинация тилозин + доксициклин потребовала самого длительного курса (до VIII пассажей) для обеих линий.

Основываясь на визуальной оценке монослоя (рисунки 1-2), можно сделать следующий вывод. До обработки клетки линии ЗГК и СПЭВ имели типичную мор-

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты контроля контаминации методом ПЦР в режиме реального времени в процессе обработки антибиотиками представлены в таблице.

фологию и отсутствие видимых признаков дегенерации, что, однако, не исключало наличия скрытой микоплазменной контаминации, подтвержденной позднее методом ПЦР. После обработки антимиоплазменными препаратами наблюдались различия в состоянии культур в зависимости от применяемого антибиотика. В схемах, эффективных против микоплазм (например Plasmocure/Plasmocin), к заключительным пассажам лечения (например VI–VIII) монослой имел характерную морфологию: клетки выглядели здоровыми, более крупными, без вакуолизации цитоплазмы, что визуально коррелирует с данными ПЦР об элиминации микоплазм. В комбинации с цитотоксическим эффектом (тилозин + доксициклин) на начальном этапе лечения отмечались признаки токсического воздействия: снижение плотности клеток, их округление, вакуолизация цитоплазмы, дегенерация и фрагментация монослоя, поэтому доза лечения корректировалась.

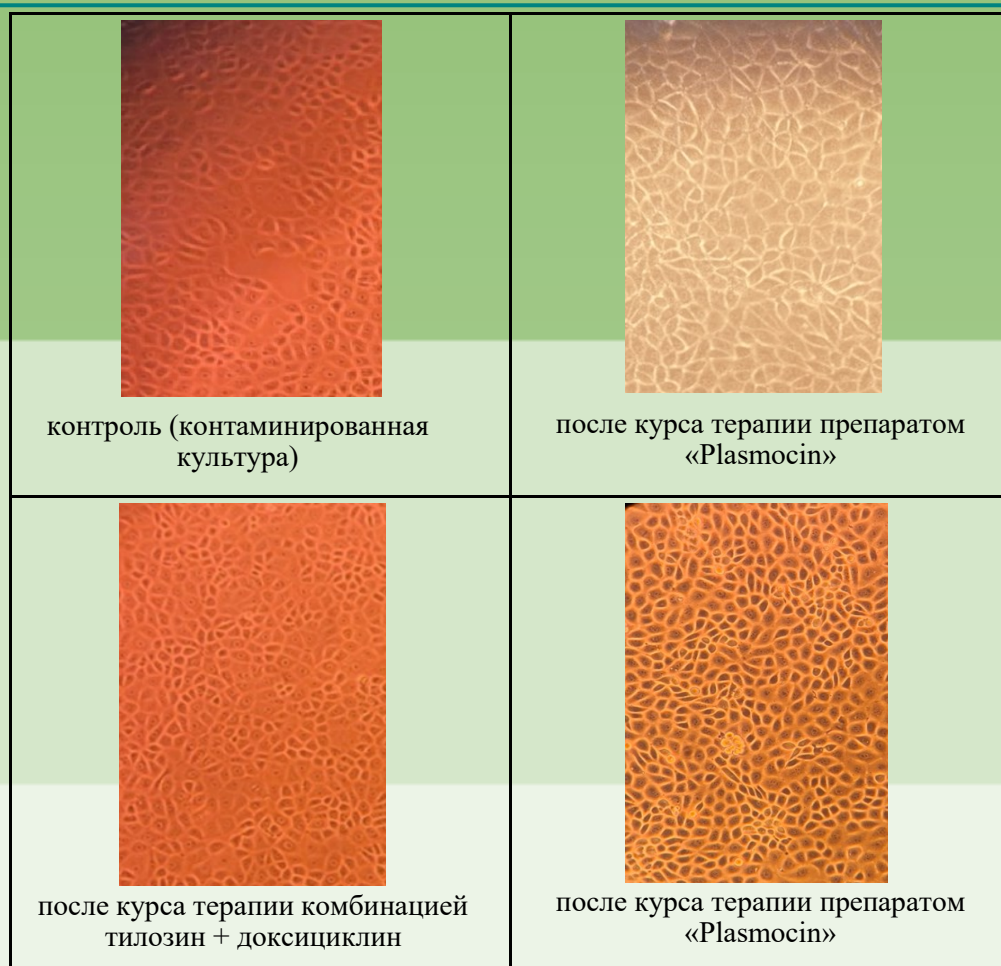


Рисунок 1 – Визуальная оценка состояния клеточной культуры линии СПЭВ до и после обработки антимикоплазменными препаратами, увеличение ×20

Все три примененные схемы антимикробной терапии основаны на принципе синергичного воздействия на разные мишени внутри бактериальной клетки, что минимизирует риск развития резистентности. Plasmocin сочетает ингибитор синтеза белка и ингибитор репликации ДНК. Plasmocure содержит два антибиотика, блокирующих синтез белка на разных этапах (рибосомальный и ферментативный). В инструкции производителя указана его активность против *Acholeplasma laidlawii*. Комбинация тилозин + доксициклин представляет классическую синергичную комбинацию макролида и тетрациклина, которые ингибируют синтез бактериального белка, связываясь с различными сайтами рибосомы. Важно отметить, что, несмотря на метаболические отличия ахолеплазм (способность синтезировать стеролы), мишени данных антибиотиков – рибосомы, ферменты ДНК-гираза, синтетазы – являются консервативными для всех прокариот. Сле-

довательно, данные схемы теоретически обладают активностью и против ахолеплазм. Ключевым моментом является резистентность ахолеплазм к 14- и 15-членным макролидам (эритромицин), однако они чувствительны в отношении 16-членных макролидов (тилозин) и тетрациклинов (доксициклин) [13, 14]. Это подтверждается и данными [15], где приводится обширный перечень антибиотиков (гентамицин, канамицин и др.) с указанием их эффективности против отдельных видов микоплазм.

В ходе эксперимента на линиях СПЭВ и ЗКГ было установлено, что все три схемы деконтаминации привели к элиминации микоплазм, что было подтверждено отрицательными результатами ПЦР после курса лечения и нескольких последующих пассажей. Plasmocin и Plasmocure показали предсказуемую эффективность согласно инструкциям производителя [16, 17]. При этом наблюдалась следующая особенность: в процессе обработки отмечалось времен-

ное замедление пролиферации клеток. После отмены антибиотиков рост клеток восстанавливался до нормальной скорости. Комбинация препаратов тилозин + доксициклин в лечебной дозе 20,0 мкл/мл (10,0 мкг доксициклина и 100,0 мкг тилозина) также подтвердила свою эффективность, сопоставимую с коммерческими

продуктами. Преимуществом этой комбинации является доступность и низкая стоимость компонентов. Однако для данной схемы крайне важен точный подбор рабочих концентраций для конкретной линии клеток, так как цитотоксический порог может быть узким.

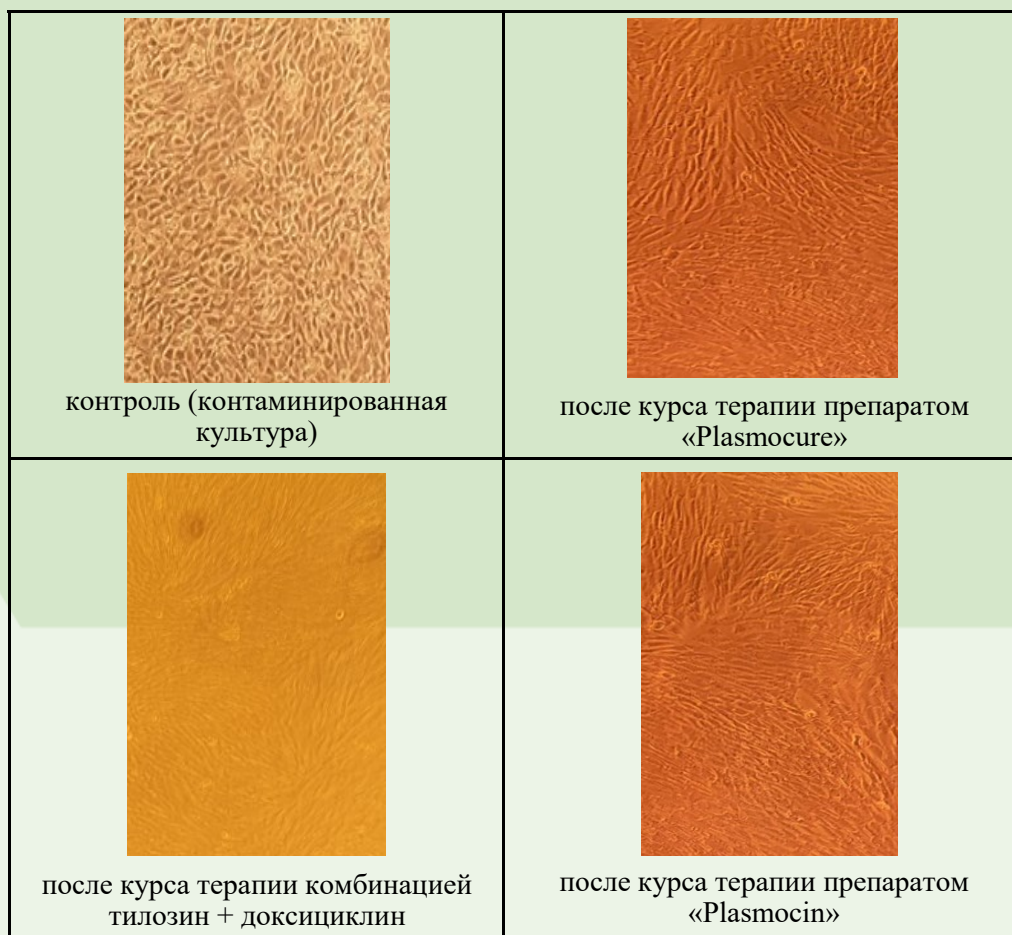


Рисунок 2 – Визуальная оценка состояния клеточной культуры линии 3 КГ до и после обработки антимикоплазменными препаратами, увеличение $\times 20$

Во всех случаях основную роль сыграла предварительная идентификация контаминанта микоплазм и периодический контроль лечения методом ПЦР. Это позволило применять целенаправленную терапию и объективно оценивать ее результат.

На основании проведенных исследований можно сформулировать следующий алгоритм действий при подозрении на контаминацию микоплазмами/ахолеплазмами:

- подтверждение и идентификация; обязательное периодическое тестирование клеточных линий методом ПЦР в режиме реального времени;

- подбор антимикробного препарата и схемы лечения (следует учитывать видовую принадлежность выявленного контаминанта);

- оценка чувствительности конкретной линии клеток к цитотоксическому действию антибиотиков (необходим предварительный тест);

- строгое соблюдение протокола лечения клеточных линий, как правило, 14 дней (4–8 пассажей);

- использование для лечения клеточных линий эффективных коммерческих препаратов (например Plasmocin, Plasmocure для клеточных линий 3ГК, СПЭВ), а

также препаратов, комбинация которых блокирует синтез белка и является ингибитором репликации ДНК в клетках микоплазм и ахолеплазм;

- культивирование очищенных линий клеток на средах с вышеперечисленными препаратами в профилактических концентрациях;

- криоконсервация очищенной культуры для создания страхового фонда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили установить, что устойчивая элиминация микоплазм и ахолеплазм из культур клеток СПЭВ и ЗКГ достижима при применении антибактериальных препаратов «Plasmocin» и «Plasmocure», блокирующих синтез белка и репликацию ДНК, и комбинации препаратов тилозин + доксициклин.

Ключевыми факторами успеха деконтаминации являются обязательная предварительная видовая идентификация контаминанта методом ПЦР, подбор антимикробных схем с учетом чувствительности микоплазм и толерантности (цитотоксического порога) конкретной клеточной линии, а также строгое соблюдение протокола лечения и мониторинг его эффективности с помощью периодического ПЦР-тестирования.

Разработанный на основании этих принципов алгоритм действий является универсальным и может быть адаптирован для деконтаминации различных клеточных линий.

Результаты работы легли в основу методических рекомендаций по контролю и устранению контаминации представителями класса *Mollicutes* в условиях биотехнологической лаборатории.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Drexler, H. G. *Mycoplasma contamination of cell cultures: Incidence, sources, effects, detection, elimination, prevention* / H. G. Drexler, C. C. Uphoff // *Cytotechnology*. – 2002. – Vol. 39(2). – P. 75–90.
2. Razin, S. *Molecular biology and pathogenicity of mycoplasmas* / S. Razin, D. Yorgev, Y. Naot // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* – 1998. – Vol. 62(4). – P. 1094–1156.
3. Упхофф, К. С. Обнаружение контаминации микоплазмами культур клеток методом полимеразной цепной реакции / К. С. Упхофф, Х. Г. Дрекслер // *Методы молекулярной биологии*. – 2011. – Т. 731. – С. 93–103.
4. Hay, R. J. *Mycoplasma infection of cultured cells* / R. J. Hay, M. L. Macy, T. R. Chen // *Nature*. – 1989. – Vol. 339(6224). – P. 487–488.
5. Uphoff, C. C. *Comparative PCR analysis for detection of mycoplasma infections in continuous cell lines* / C. C. Uphoff, H. G. Drexler // *In Vitro Cell Dev Biol Anim.* – 2002. – Vol. 38(2). – P. 79–85.
6. *Mycoplasma testing of cell substrates and biologics: Review of alternative non-microbiological techniques* / D. V. Volokhov, L. J. Graham, K. A. Brorson, V. E. Chizhikov // *Mol. Cell. Probes*. – 2011. – Vol. 25(2-3). – P. 69–77.
7. Barile, M. F. *The identification and sources of mycoplasmas isolated from contaminated cell cultures* / M. F. Barile, H. E. Hopps, M. W. Grabowski // *Ann N Y Acad Sci*. – 1973. – Vol. 225. – P. 251–264.
8. *Survival of Mycoplasma hyorhinitis in trypsin solutions* / A. A. Polak-Vogelzang, A. F. Angulo, J. Brugman, R. Reijgers // *Biologicals*. – 1990. – Vol. 18(2). – P. 97–101.
9. Rottem, S. *Interaction of mycoplasmas with host cells* / S. Rottem // *Physiol Rev*. – 2003. – Vol. 83(2). – P. 417–432.
10. Uphoff, C. C. *Treatment of mycoplasma contamination in cell cultures* / C. C. Uphoff, S. A. Denkmann, H. G. Drexler // *Cytotechnology*. – 2010. – Vol. 62(3). – P. 179–189.
11. Armstrong, S. E. *The scope of mycoplasma contamination within the biopharmaceutical industry* / S. E. Armstrong, J. A. Mariano, D. J. Lundin // *Biologicals*. – 2010. – Vol. 38(2). – P. 211–213.
12. Uphoff, C. C. *Comparative antibiotic eradication of mycoplasma infections from continuous cell lines* / C. C. Uphoff, H. G. Drexler // *In Vitro Cell Dev Biol Anim.* – 2002. – Vol. 38(2). – P. 86–89.
13. Waites, K. B. *Mycoplasma pneumoniae and its role as a human pathogen* / K. B. Waites, D. F. Talkington // *Clin Microbiol Rev*. – 2004. – Vol. 17(4). – P. 697–728.
14. *Activity of moxifloxacin against the urogenital mycoplasmas Ureaplasma spp., Mycoplasma hominis and Mycoplasma genitalium and Chlamydia trachomatis* / C. Bébear, B. de Barbeyrac, S. Pereyre [et al.] // *Clin Microbiol Infect*. – 2008. – Vol. 14(8). – P. 801–805.
15. *Руководство по клеточным культурам*. – 3-е изд. – Сигма-АлдричКо, 2008. – 400.
16. *Инструкция по применению препарата Plasmocure, InvivoGen*. – 2021.
17. *Инструкция по применению препарата Plasmocin, InvivoGen*. – 2023.

Красочко И.А., доктор ветеринарных наук, профессор¹

Красочко П.А., доктор ветеринарных наук, доктор биологических наук, профессор^{1, 2}

Черноков А.И., аспирант¹

¹УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

²РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеслесского», г. Минск, Республика Беларусь

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЕКОМБИНАНТНОГО ИНТЕРФЕРОНА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ТЕЛЯТ

Резюме

Проведено комплексное исследование влияния рекомбинантного интерферона на показатели белкового, азотистого, энергетического и минерального обмена у телят. Биохимический анализ сыворотки крови показал отсутствие статистически значимого негативного воздействия интерферона на функциональное состояние печени и почек. Установлено, что его применение в дозе 1,0 мл/10,0 кг способствует нормализации исходно нарушенных показателей углеводного, липидного и минерального обмена.

Результаты свидетельствуют о высокой метаболической безопасности рекомбинантного интерферона для телят и обосновывают целесообразность его применения в схемах профилактики и терапии вирусных заболеваний.

Ключевые слова: интерферон, телята, энергетический обмен, минеральный обмен, белковый обмен, азотистый обмен, биохимические показатели.

Summary

Complex study of recombinant interferon influence on indicators of protein, nitrogen, energy and mineral metabolism in calves is carried out. Biochemical analysis of blood serum showed no statistically significant negative effect of interferon on the functional state of the liver and kidneys. It was found that its use in a dose of 1,0 ml/10,0 kg contributes to the normalization of initially disturbed carbohydrate, lipid and mineral metabolism.

The results indicate the high metabolic safety of recombinant interferon for calves and justify the feasibility of its use in the prevention and therapy of viral diseases.

Keywords: interferon, calves, energy metabolism, mineral metabolism, protein metabolism, nitrogen metabolism, biochemical indicators.

Поступила в редакцию 01.12.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

Вирусные пневмоэнтериты новорожденных телят наносят значительный экономический ущерб, поэтому представляют собой одну из наиболее острых проблем промышленного животноводства. Данные мониторинга эпизоотической ситуации в Республике Беларусь свидетельствуют о широком распространении этой патологии [4]. Анализ структуры заболеваемости крупного рогатого скота (КРС) подтверждает высокую частоту патологий органов дыхания и пищеварения, особенно среди телят [1]. Инфекционные заболевания желудочно-кишечного и респираторного трактов, протекающие как в виде моно-, так и ассоциированных инфекций, являются основной причиной производственного выбытия молодняка [6].

В условиях интенсивного животноводства, где на организм телят воздейству-

ет комплекс стрессовых факторов, происходит снижение общей резистентности и нарушение метаболических процессов. Это создает благоприятный фон для активизации условно-патогенной микрофлоры, к которой относится большинство возбудителей пневмоэнтеритов [9]. Известно, что условно-патогенные микроорганизмы играют значительную роль не только при респираторно-кишечных патологиях, но и при воспалительных процессах репродуктивных органов, что осложняет ситуацию [2]. В связи с этим, наряду со специфической профилактикой (вакцинацией), актуальным является поиск средств, способных эффективно усиливать неспецифическую защиту организма и корректировать нарушения обмена веществ у больного молодняка.

В этом контексте перспективным направлением представляется применение

препаратов на основе интерферонов. Интерфероны – это естественные защитные белки организма, обладающие универсальной противовирусной, иммуномодулирующей и антипролиферативной активностью [3]. Они играют ключевую роль в системе врожденного иммунитета, формируя первый барьер на пути вирусной инфекции задолго до развития специфического иммунного ответа [8]. Особый интерес для ветеринарной практики представляют видоспецифичные рекомбинантные интерфероны, например бычий, которые идентичны собственным белкам животного и лишены рисков, связанных с использованием препаратов, полученных из крови [5].

ООО «Научно-производственный центр «ПроБиоТех»» организован выпуск препарата на основе рекомбинантного интерферона «Биферон-Б». Биферон-Б проявляет антивирусную и иммуностимулирующую активность у КРС (телят, молодняка и взрослых животных), а также опосредованно влияет на потомство при пред- и постродовых инъекциях коровам. Эффект биопрепарата определяется суммарным действием экзогенных белков непосредственно на пораженные вирусом клетки, быстрой индукцией системы эндогенных цитокинов, клеточного и гуморального иммунитета. Смесь бычьих рекомбинантных альфа- и гамма-интерферонов выступает в качестве индуктора бактерицидной (БАСК) и лизоцимной (ЛАСК) активности сыворотки крови, оказывает противовоспалительное действие, повышает резистентность организма животных к воздействию ДНК- и РНК-содержащих вирусов и патогенных микроорганизмов. Усиливает напряженность иммунитета, проявляет антистрессовый эффект и снимает поствакцинальный синдром при вакцинациях. Присутствие в препарате интерферонов I-го (альфа) и II-го (гамма) типа обуславливает синергизм действия на организм. Рекомбинантный интерферон после внутримышечного или подкожного введения хорошо всасывается, достигая терапевтической концентрации в крови через 6 ч. Максимальное значение иммуностимулирующей активности интерферона наступает через 12 ч и сохраняется в течение последующих 48 ч [7].

Однако, несмотря на доказанную клиническую эффективность интерферонов

при респираторных и желудочно-кишечных инфекциях, остается недостаточно изученным их влияние на ключевые метаболические процессы у больных животных. Известно, что вирусные пневмоэнтериты сопровождаются глубокими нарушениями энергетического, липидного и минерального обменов, что усугубляет интоксикацию, дегидратацию, и в целом ухудшается прогноз по выздоровлению животного. Коррекция этих нарушений является важным патогенетическим звеном терапии. В связи с этим оценка воздействия интерферонотерапии на биохимический гомеостаз представляет значительный научный и практический интерес. Однако исследований по оценке влияния препаратов на основе рекомбинантного интерферона на обменные процессы организма телят в различных дозах нами в доступной литературе не встречалось.

Таким образом, **целью** настоящей работы явилось изучение динамики показателей обмена веществ у телят на фоне применения рекомбинантного интерферона. Полученные данные необходимы для комплексной оценки безопасности и обоснования режимов дозирования данного класса препаратов в схемах лечения и профилактики вирусных пневмоэнтеритов новорожденных телят.

Анализ динамики показателей углеводного и липидного обмена (глюкоза, лактат, триглицериды, общий холестерин) позволяет заключить, что применение интерферона не оказывает негативного воздействия на энергетический метаболизм телят.

Введение интерферона существенно не влияет на уровень глюкозы и триглицеридов в крови – на протяжении опыта эти показатели у всех животных были в пределах референс-значений. В начале эксперимента (начало постнатального периода) значения были на верхней границе нормы, а затем происходило их снижение, что обусловлено особенностями физиологии телят.

Уровень лактата в группе № 1 на протяжении всего периода исследований оставался в пределах физиологической нормы, демонстрируя стабильность энергетического метаболизма.

Таблица 1 – Динамика углеводного и липидного обмена в сыворотке крови телят, которым применяли интерферон

| Группа, доза | Срок взятия крови | Показатели | | | |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| | | глюкоза, ммоль/л | лактат, ммоль/л | триглицериды, ммоль/л | холестерин, ммоль/л |
| 1 – 1,0 мл/10,0 кг | до обработок | 4,69±1,86 | 1,4 ±0,31 | 0,97±0,91 | 1,18±0,22 |
| | через 10 дней | 7,09±2,14 | 1,36±0,32 | 0,24±0,09 | 2,20±0,52 |
| | через 21 день | 3,67±0,78 | 1,15±0,28 | 0,38±0,21 | 1,40±0,74 |
| 2 – 2,0 мл/10,0 кг | до обработок | 3,80±1,14 | 1,94±0,48 | 1,07±0,77 | 1,00±0,23 |
| | через 10 дней | 6,64±2,06 | 1,66±0,45 | 0,54±0,24 | 2,19±1,30 |
| | через 21 день | 4,18±0,93 | 1,32±0,42 | 0,19±0,15 | 1,76±0,83 |
| Контроль | до обработок | 5,97±1,4 | 1,99±0,61 | 1,06±0,91 | 1,11±0,14 |
| | через 10 дней | 6,28±0,97 | 1,92±0,42 | 0,33±0,09 | 1,32±0,44 |
| | через 21 день | 3,66±0,75 | 1,42±0,17 | 0,20±0,17 | 1,21±0,27 |

Уровень общего холестерина у телят исходно был ниже значений физиологической нормы. На фоне применения интерферона, к 10-му дню наблюдалась положительная тенденция к его повышению. Однако к 21-му дню показатели во всех группах вновь снизились, оставаясь в зоне низких значений, что указывает на нарушения липидного обмена.

Таким образом, интерферон в исследуемых дозах не нарушает процессы энергетического и липидного обмена и подтверждает отсутствие негативного метаболического воздействия препарата.

Результаты изучения минерального обмена у телят после применения рекомбинантного интерферона представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Динамика минерального обмена в сыворотке крови телят, которым применяли интерферон

| Группа, доза | Срок взятия крови | Показатели | |
|--------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| | | кальций, ммоль/л | фосфор, ммоль/л |
| 1 – 1,0 мл/10,0 кг | до обработок | 1,49±0,75 | 1,66 ±0,29 |
| | через 10 дней | 4,93±1,28 | 2,35±0,80 |
| | через 21 день | 3,00±0,42 | 1,68 ±0,44 |
| 2 – 2,0 мл/10,0 кг | до обработок | 1,08±0,82 | 2,11 ±0,53 |
| | через 10 дней | 5,95±1,20 | 2,16 ±0,76 |
| | через 21 день | 3,09±0,56 | 2,47±1,44 |
| Контроль | до обработок | 1,19±0,79 | 2,29±0,60 |
| | через 10 дней | 5,07±0,98 | 1,89±0,27 |
| | через 21 день | 3,31±0,74 | 2,95±0,98 |

Результаты исследования уровня кальция и неорганического фосфора в сыворотке крови телят демонстрируют, что применение интерферона не оказывает отрицательного влияния на минеральный обмен.

Исходно у телят всех групп было отмечено некоторое снижение уровня кальция. К 21-му дню эксперимента в группе № 1 наблюдалось повышение уровня. Это подтверждает, что у большинства телят уровень кальция стабилизировался в пределах физиологической нормы.

Динамика уровня неорганического фосфора отличалась значительной вари-

бельностью. Однако к концу эксперимента именно в группе № 1 была отмечена наиболее стабильная картина, в то время как в группе № 2 и контрольной группе регистрировались как резкие спады, так и значительные превышения референсных значений.

Результаты изучения динамики биохимических показателей, отражающих состояние белкового обмена и функциональную активность печени у телят после применения рекомбинантного интерферона, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Динамика биохимических показателей, отражающих состояние белкового обмена и функциональную активность печени у телят, которым применяли интерферон

| Группа, доза | Срок взятия крови | Показатели | | | |
|-----------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| | | белок, г/л | АСТ, ед/л | АЛТ, ед/л | билирубин, мкмоль/л |
| 1 – 1,0 мл/10,0 кг | до обработок | 66,55±9,71 | 19,80±9,74 | 8,74±5,11 | 6,80±1,26 |
| | через 10 дней | 70,22±13,69 | 10,50±5,12 | 21,79±20,94 | 6,90±1,79 |
| | через 21 день | 73,06±11,32 | 16,06±2,57 | 21,89±17,25 | 7,85±1,52 |
| 2 – 2,0 мл/10,0 кг | до обработок | 64,24±13,28 | 17,30±10,69 | 6,13±3,75 | 3,36±2,01 |
| | через 10 дней | 61,72±12,79 | 14,56±9,67 | 9,08±16,64 | 3,36±2,01 |
| | через 21 день | 74,25±16,79 | 14,79±4,86 | 8,98±10,96 | 4,81±1,76 |
| Контроль | до обработок | 73,78±11,83 | 19,87±8,58 | 10,02±9,69 | 3,75±1,42 |
| | через 10 дней | 68,48±7,67 | 11,57±6,97 | 6,55±5,87 | 3,18±1,37 |
| | через 21 день | 74,23±7,89 | 15,08±4,84 | 6,30±4,90 | 7,89±1,47 |

Анализ динамики биохимических показателей, отражающих состояние белкового обмена и функциональную активность печени (общий белок, АСТ, АЛТ, общий билирубин), позволяет заключить, что применение интерферона в дозах 1,0 мл и 2,0 мл не оказывает статистически значимого негативного влияния.

Наблюдаемые колебания уровня общего белка у телят опытных групп находились в пределах физиологической нормы (54,0–70,0 г/л) и не демонстрировали устойчивой патологической динамики. Это свидетельствует об отсутствии существенного угнетения белково-синтетической функции печени на фоне введения интерферона.

Активность аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) у всех животных сохранялась в референсных значениях (АСТ – 11,0–160,0 Ед/л, АЛТ – 1,3–60,0 Ед/л). Отсут-

ствие значимого и стойкого повышения активности этих ферментов является убедительным доказательством того, что интерферон в использованных дозах не вызывает цитолиза гепатоцитов и не обладает гепатотоксическим действием.

Уровень общего билирубина в сыворотке крови не превышал нормативных значений (0,3–8,2 мкмоль/л), что указывает на сохранение нормальной функции захвата, конъюгации и экскреции билирубина гепатоцитами.

Интерферон не оказывает отрицательного влияния на белковый синтез и структурно-функциональную целостность печени у телят.

Результаты изучения азотистого обмена у телят после применения рекомбинантного интерферона представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Динамика азотистого обмена в сыворотке крови телят, которым применяли интерферон

| Группа, доза | Срок взятия крови | Показатели | |
|--------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | | креатинин, мкмоль/л | мочевина, ммоль/л |
| 1 – 1,0 мл/10,0 кг | до обработок | 84,81±36,56 | 2,42±0,99 |
| | через 10 дней | 93,62±13,85 | 1,79±0,76 |
| | через 21 день | 164,9±42,05 | 2,35±0,78 |
| 2 – 2,0 мл/10,0 кг | до обработок | 80,84±17,55 | 2,12±0,78 |
| | через 10 дней | 98,09±11,45 | 2,35±2,60 |
| | через 21 день | 161,79±37,01 | 2,19±1,75 |
| Контроль | до обработок | 109,74±28,45 | 1,86±0,79 |
| | через 10 дней | 104,07±12,9 | 1,75±0,76 |
| | через 21 день | 138,25±34,15 | 1,96±0,52 |

Результаты исследования показателей, характеризующих состояние азотистого обмена и выделительную функцию почек (креатинин, мочевины), демонстрируют отсутствие нефротоксического эффекта применяемых доз интерферона.

Уровень креатинина в обеих опытных группах в основном соответствовал установленной норме (80,0–180,0 мкмоль/л). Отдельные эпизодические отклонения носят индивидуальный характер и не формируют устойчивой тенденции, что позволяет исключить негативное воздействие препарата на скорость клубочковой фильтрации.

Концентрация мочевины также сохранялась в пределах физиологического диапазона (0,8–6,9 ммоль/л). Отсутствие статистически значимого роста данного показателя подтверждает, что интерферон не нарушает процессы дезаминирования аминокислот и выведения азотистых шлаков из организма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного комплексного биохимического исследования сыворотки крови телят после применения рекомбинантного интерферона в дозах 1,0 мл/10,0 кг и 2,0 мл/10,0 кг можно заключить, что препарат не оказывает статистически значимого негативного влияния

на ключевые метаболические процессы. Все изученные биохимические показатели в основном сохранялись в пределах физиологических референсных значений.

Введение интерферона не сопровождалось гепатотоксическим действием. Динамика уровня общего белка, активности аминотрансфераз (АСТ, АЛТ) и концентрации общего билирубина свидетельствует об отсутствии угнетения белково-синтетической функции печени и цитолиза гепатоцитов.

Применение препарата не оказывало нефротоксического эффекта, сохранялась скорость клубочковой фильтрации и выделительная функция почек. Интерферон не вызывает нарушений энергетического и минерального обмена. При его использовании в дозе 1,0 мл/10,0 кг массы тела существенных изменений метаболических показателей крови телят не наблюдалось.

На основании полученных результатов препарат может быть рекомендован для использования в схемах профилактики и терапии вирусных пневмоэнтеритов телят без риска значимых нарушений биохимического гомеостаза, при этом доза 1,0 мл/10,0 кг массы тела является оптимальной с точки зрения метаболической безопасности обменных процессов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ структуры заболеваемости крупного рогатого скота в Республике Беларусь / П. А. Красочко, П. П. Красочко, М. А. Понаськов [и др.] // *Ветеринарный журнал Беларуси*. – 2022. – № 2 (17). – С. 38–41. – EDN JIBOGW.
2. Видовой состав условно-патогенных микроорганизмов при эндометритах у коров и оценка их чувствительности к антибактериальным препаратам / П. А. Красочко, П. П. Красочко, М. А. Понаськов, Д. В. Капранов // *Вестник АПК Верхневолжья*. – 2025. – № 2 (70). – С. 26–30. – DOI 10.35694/YARCX.2025.70.2.004. – EDN WLDFJE.
3. Завьялов, А. А. Интерфероны, участвующие в резистентности крупного рогатого скота, и препараты, влияющие на их выработку в организме / А. А. Завьялов, С. Г. Лысенко, С. Н. Белова // *Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике : материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 06–07 декабря 2023 г.* – Кемерово : Кузбасский ГАУ, 2023. – С. 163–168. – EDN BOARCZ.
4. Красочко, П. А. Анализ эпизоотической ситуации в животноводческих хозяйствах Республики Беларусь по инфекционным пневмоэнтеритам телят / П. А. Красочко, М. А. Понаськов // *Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 03–05 ноября 2021 г. / Редколлегия: Н.И. Гавриченко (гл. ред.) [и др.]*. – Витебск : Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2021. – С. 61–64. – EDN KMZVYQ.
5. Красочко, П. А. Использование рекомбинантных интерферонов в ветеринарной медицине / П. А. Красочко, К. А. Крюкова // *Актуальные вопросы ветеринарной вирусологии, микробиологии и болезней пчел в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 95-летию со дня рождения доктора ветеринарных наук, профессора Смирновой Нины Ивановны и*

Дню белорусской науки, Витебск, 07–08 декабря 2023 г. – Витебск : Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2024. – С. 121–125. – EDN GCUHHB.

6. Красочко, П. А. Мониторинг эпизоотической ситуации по инфекционным пневмоэнтеритам новорожденных телят в Республике Беларусь / П. А. Красочко, М. А. Понаськов, В. П. Красочко // Актуальные проблемы инфекционной патологии животных и пути их решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню белорусской науки и 95-летию кафедры эпизоотологии и инфекционных болезней, Витебск, 15–16 декабря 2022 г. – Витебск : Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2023. – С. 69–71. – EDN UYJTEW.

7. Полейская, А. В. Фармакотерапевтические основы применения интерферонов и интерферон содержащих препаратов в ветеринарной практике / А. В. Полейская, Д. С. Титенок // Научные проблемы производства продукции животноводства и улучшения ее качества : материалы XXXVII науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, Брянск, 18–19 мая 2022 г. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 192–197. – EDN BVBNCH.

8. Усачев, И. И. Научно-теоретические основы применения интерферонов и интерферон содержащих препаратов в ветеринарной практике / И. И. Усачев, А. В. Полейская, Д. С. Титенок // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 6(94). – С. 57–62. – DOI 10.52691/2500-2651-2022-94-6-57-62. – EDN IBMNTK.

9. Этиологическая структура возбудителей инфекционных пневмоэнтеритов телят в животноводческих хозяйствах Беларуси / С. В. Гончаров, А. А. Царенок, И. З. Северюк, В. П. Красочко // Актуальные проблемы ветеринарии и интенсивного животноводства : сб. трудов IV Междунар. науч.-практ. конф., Брянск, 27–28 марта 2025 г. – Брянск : Брянский государственный аграрный университет, 2025. – С. 70–75. – EDN WKDGCS.



«КСКП»

► изготовлена из штаммов бактерий *Escherichia coli* с адгезивными антигенами K99 (F5), F41, A20 (F17); штаммов *Salmonella dublin*, *Salmonella typhimurium*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, инактивированных формалином и эмульгированных в масляном адъюванте (Montanide ISA)



ВАКЦИНА ИНАКТИВИРОВАННАЯ ЭМУЛЬГИРОВАННАЯ ДЛЯ ПРОФИЛАКТИКИ КОЛИБАКТЕРИОЗА, САЛЬМОНЕЛЛЕЗА, КЛЕБСИЕЛЛЕЗА И ПРОТЕОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

► вызывает выработку специфических антител против возбудителей колибактериоза, сальмонеллеза, клебсиеллеза и протеоза у иммунизированных животных. Колостральный иммунитет у молодняка развивается после приема молозива и сохраняется в течение не менее 20 дней

WWW.BIEVM.BY

► применяют для иммунизации глубокоостельных коров и нетелей в неблагополучных и угрожаемых по колибактериозу, сальмонеллезу, клебсиеллезу и протеозу хозяйствах



Швед И.М., старший преподаватель
Пуныко А.И., кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

ЖИВОТНОВОДСТВО КАК ФАКТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Резюме

В сельскохозяйственном производстве год от года не теряет актуальности проблема охраны окружающей среды. Наибольшую экологическую нагрузку на окружающую среду оказывает животноводство. Фермы и комплексы увеличивают поголовье животных, что приводит к росту объемов отходов животноводческой отрасли, как следствие, возникает проблема их утилизации, хранения и переработки.

Многие сельскохозяйственные организации не утруждают себя переработкой навоза, а просто вносят его на поля. Такие действия приводят к загрязнению окружающей среды и могут быть вредоносными для здоровья человека, так как любые продукты жизнедеятельности животных могут быть заражены паразитами, опасными вирусами и семенами сорных растений. Все вышесказанное свидетельствует о необходимости проведения комплекса мер по уничтожению вредителей и болезней, находящихся в продуктах жизнедеятельности животных. В статье рассматриваются способы переработки навоза, позволяющие улучшить питательные свойства органических удобрений и снизить выделение неприятных запахов и парниковых газов в атмосферу.

Ключевые слова: навоз, хранилище, ферма, переработка навоза, хранение навоза.

Summary

Environmental protection does not lose its relevance in agricultural production from year to year. Animal husbandry accounts for the greatest environmental burden on the environment. Farms and complexes increase the number of animals, which leads to an increase in the volume of waste from the livestock sector of agriculture and as a result, the problem of their disposal, storage and processing arises.

Many agricultural organizations do not bother to process manure, but simply bring it to the fields. Such actions can lead to further environmental pollution and can be harmful to human health, since any animal waste products can be infected with parasites, dangerous viruses and weed seeds. All of the above leads to the need for a set of measures to eliminate pests and diseases found in animal waste products. The article discusses manure processing methods that improve the nutritional properties of organic fertilizers and reduce the release of unpleasant odors and greenhouse gases into the atmosphere.

Keywords: manure, storage, farm, manure processing, manure storage.

Поступила в редакцию 09.10.2025 г.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Беларуси действует более 200 крупных животноводческих предприятий по производству говядины и свинины, на которых животных содержат без подстилки, используются гидравлические системы удаления навоза и получают жидкий навоз [1].

По степени воздействия на окружающую среду крупные животноводческие предприятия можно отнести к промышленным компаниям, так как ферма с содержанием более двух тысяч свиней производит такое же количество отходов, которое образуется в результате жизнедеятельности небольшого городка [2].

При этом, в отличие от населенных пунктов, сельскохозяйственные организации находятся в затруднительном положении

в отношении утилизации, хранения и переработки навоза.

В естественной среде навоз с течением времени разлагается на гумус, воду, различные газы, которые выделяются в атмосферу, и аммиак. В свою очередь, выделяемая из навоза жидкость впитывается в почву вместе с паразитами и патогенными возбудителями болезней, что может привести к заражению культурных растений. В связи с этим проблема правильной утилизации, хранения и переработки навоза на фермах и комплексах является в настоящее время весьма актуальной.

Цель работы – анализ способов переработки навоза, позволяющих улучшить питательные свойства органических удобрений и снизить выделение неприятных запахов и парниковых газов в атмосферу.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для повышения плодородия почв необходимо использовать качественные органические удобрения. В связи с этим отходы животноводческих ферм и комплексов необходимо перерабатывать. Если навоз переработать, высушить и расфасовать, он превращается в органические удобрения, которые могут составить конкуренцию минеральным или вовсе их заменить. Переработанный с помощью технологий аэробной и анаэробной ферментации навоз становится экологически безопасным удобрением, богатым питательными веществами, в форме, усваиваемой растениями.

В настоящее время как отечественными, так и зарубежными производителями разработано и эксплуатируется большое количество машин и оборудования, позволяющих эффективно перерабатывать отходы жизнедеятельности животных с помощью различных известных технологий. Выбор технологии переработки навоза на фермах и комплексах должен определяться условиями его дальнейшего использования, т.е. будет переработанный навоз использоваться как органическое удобрение,

внесением его на поля, или же может применяться в качестве топлива.

В Республике Беларусь при строительстве новых ферм и реконструкции старых животные находятся на беспривязном содержании, уборка навоза из помещений фермы осуществляется скреперными установками с дальнейшим его транспортированием к месту хранения насосами для перекачки. Таким образом на ферме получают жидкий навоз. При использовании его в качестве органического удобрения следует помнить, что какое-то время он должен выдерживаться: при компостировании (при большой влажности жидкого навоза предварительно ее следует уменьшить до 92 %) и хранении его в буртах время выдержки составляет 2 месяца в теплый период и не менее 3 месяцев – в холодный период года (при достижении температуры самосогревания 50–60° С) [3]; в навозохранилище длительность хранения жидкого навоза составляет 6–7 месяцев, а в исключительных случаях может доходить до года [4].

Способ компостирования навоза (рисунок 1) позволяет получить органическое удобрение с высокими питательными свойствами [5].



Рисунок 1 – Схема компостирования навоза

При этом в процессе компостирования за счет движения воздуха в массе перемешанных компонентов компоста снижается выделение запахов, газов, также уменьшается риск появления паразитических организмов, следовательно, уменьшается вероятность переноса различного рода болезней животным. Необходимо, чтобы влажность органической массы была не

более 75 %, что может быть достигнуто за счет применения влагопоглощающих компонентов – соломы, торфа, опилок и др.

Эффективность стадий компостирования зависит от многих параметров: аэрации, температуры, содержания влаги в субстрате, pH процесса компостирования, состава субстрата, а также от активности и вида микроорганизмов, принимающих

участие в этом процессе [6, 7]. Технологические процессы при компостировании навоза согласно рисунку 1 будут протекать в следующем порядке.

Для хорошего самосогревания в буртах необходимо прослоить навоз рыхлым материалом, который после перемешивания компонентов компостного бурта не даст всей массе слежаться и будет насыщать органическую массу кислородом, что приведет в последствии к ее разогреванию. Так как компоненты компоста перемешиваются до однородной массы, то разогревание по длине бурта будет происходить примерно с одинаковой интенсивностью, что способствует одновременному разложению всех компонентов субстрата. Неравномерность разогрева бурта будет характеризоваться меньшей температурой у поверхностного слоя и у его основания, так как нижние слои бурта плохо аэрируются.

На следующем этапе происходит процесс разложения органической массы. При этом исходные компоненты субстрата разлагаются с помощью вырабатываемых химических реакций и, как следствие, повышения температуры внутри бурта. В результате происходит преобразование нитритов в нитраты, необходимые для питания растений.

В конечном итоге разложившаяся биомасса образует молекулярные гумусовые цепочки, включающие в себя гумусовую кислоту, фульвовые кислоты и гумус, которые являются основным питательным компонентом получившегося компоста. После этого химическая и микробиологическая активность останавливается, и компост стабилизируется.

Навоз с влажностью более 92 % целесообразно подвергать сепарации, в процессе которой происходит его разделение

на жидкую и твердую фракции. Сепарация навоза осуществима в естественных условиях при его хранении в навозохранилищах и механическим способом – с применением центрифуг, пресси-шнековых сепараторов, виброгрохотов и другого оборудования, на котором обеспечивается более быстрое и полное разделение навоза на фракции.

При сепарации навоза в естественных условиях конструкция навозохранилищ должна быть организована так, чтобы вредные вещества не попадали в почву и реки, а выбросы газов в атмосферу были минимальными. Сепарация навоза механическим способом позволяет получить фракции, пригодные к дальнейшему использованию для получения топливных пеллет, вторичного использования в качестве подстилки или создания компостов.

Жидкая фракция, отделенная при помощи сепаратора, не имеет запаха и содержит только мелкодисперсные твердые частицы, находящиеся в растворенном состоянии, что позволяет вносить ее в почву при помощи шланговых систем или машинами для внесения жидких органических удобрений РЖТ-11, МЖТ-Ф-11, МЖУ-16 и др.

Обезвоженная после сепаратора твердая фракция навоза может быть использована для создания компостов или транспортироваться на досушивание в комплекс переработки отходов КПО-2, FAN BRU и др.

Применение технологии переработки навоза способом сепарирования (рисунок 2) позволяет решить ряд проблем на фермах и комплексах, в частности сокращение объемов навоза, а также уменьшение выделения неприятных запахов и парниковых газов в атмосферу.



Рисунок 2 – Схема сепарации навоза

Жидкую фракцию навоза, полученную в результате сепарации, можно применять при очистке лагун от донных отложений для создания струи насосами, а также для повторного гидросмыва. Это позволит уменьшить объем навоза и сохранить его питательные характеристики. Для достижения жидкой фракции с более высокой степенью очистки от остатков примесей после сепарации и с возможностью ее использования жидкостными насосами можно установить сепараторы в параллельном или последовательном соединении или применить центрифужный сепаратор. Это обеспечит получение жидкой фракции с содержанием остатка сухого вещества не более 2 %.

Целесообразность сепарации навоза на фракции, независимо от мощности ферм и комплексов, определяется несколькими факторами: влажностью навоза, требованиями к его дальнейшей обработке, а также условиями хранения и использования. Не каждая ферма располагает всеми необходимыми машинами и оборудованием для вывоза, обеззараживания и переработки навоза. Эту проблему необходимо решать, так как она чрезвычайно важна как с экономической, так и с экологической точки зрения, ведь ежедневно образуются новые объемы отходов.

Переработка позволяет значительно уменьшить объем хранящегося навоза в навозохранилищах. Это достигается за счет удаления твердой фракции, что не только облегчает управление отходами, но и способствует улучшению экологической ситуации на фермах. В процессе переработки образуются органические удобрения, кото-

рые обладают высокими питательными свойствами и не содержат патогенной микрофлоры. Это особенно важно, поскольку использование таких удобрений влияет на здоровье растений. К тому же применение переработанного навоза способствует улучшению структуры почвы, увеличивая ее водоудерживающую способность и обеспечивая растения необходимыми микроэлементами. Использование органических удобрений снижает необходимость применения минеральных удобрений, что приводит к получению экологически чистых продуктов.

Важно отметить, что современные технологии переработки навоза включают такие методы, как компостирование и анаэробное сбраживание, позволяющие получать биогаз, который можно использовать в качестве альтернативного источника энергии. Это создает замкнутый цикл, в котором отходы превращаются в полезные ресурсы, что является важным шагом к устойчивому сельскому хозяйству.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, переработка навоза не только решает проблему утилизации отходов, но и способствует повышению общей эффективности аграрного производства. Несоблюдение требований к качеству органических удобрений, условиям их хранения и применения может вызвать серьезные экологические проблемы. Неконтролируемая утилизация навоза на фермах и комплексах приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод, распространению болезней животных и человека, а также к деградации почвы.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проблемы применения навоза в Беларуси, России и пути их решения / В. Г. Самосюк, Л. Я. Степук, В. Р. Петровец [и др.] // Вестник ВНИИМЖ. – 2011. – № 4 (4). – С. 16–26.
2. Корзникова, М. В. Стратегические аспекты устойчивого управления отходами животноводства и птицеводства в целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 – Экология / Корзникова М. В. – М., 2006. – 137 с.
3. Мишуков, Н. П. Рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета / Н. П. Мишуков // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 4 (32). – С. 44–56.
4. Техническое обеспечение процессов в животноводстве / В. К. Гриб, Л. С. Герасимович, С. С. Жук [и др.]; под общ. ред. В. К. Гриба. – Минск : Беларуская навука, 2004. – 831 с.
5. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с содержанием и эксплуатацией животноводческих ферм и комплексов : ЭкоНП 17.06.06-006-2024. – Минск. – 2024. – № 6-Т. – 17 с.
6. Неклюдов, А. Д. Интенсификация процесса компостирования при помощи аэробных микроорганизмов (обзор) / А. Д. Неклюдов, Г. Н. Федотов, А. Н. Иванкин // Прикладная биохимия и микробиология. – 2008. – Т. 44. – № 1. – С. 9–23.
7. Кови, А. Л. Биоферментация органических отходов: тестирование субстратов / А. Л. Кови, С. В. Плышевский // Экология на предприятии. – 2021. – № 7. – С. 82–85.



К 120-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ РОМАНА СЕМЁНОВИЧА ЧЕБОТАРЁВА (1905–1981)

Роман Семёнович Чеботарёв – один из выдающихся паразитологов XX столетия, известный среди отечественных и зарубежных ученых высокой эрудицией и академическими знаниями в области паразитологии. Круг его научных интересов был чрезвычайно широк. Тяжело вообразить себе хотя бы одно крупное направление исследований в паразитологии, куда бы ни внес научный вклад академик Р.С. Чеботарёв. Поэтому он является признанным авторитетом в паразитологии среди ученых, а также практикующих медицинских, биологических и ветеринарных специалистов.

Роман Семёнович Чеботарёв родился 15 октября 1905 г. в деревне Старинка Ушачского района Витебской области в крестьянской семье. Он рано начал работать и только с 13 лет смог учиться в школе. В 1925 г. Р.С. Чеботарёв поступил в Витебский ветеринарный институт, где начал изучать паразитарные болезни животных.

После окончания института ему предлагают должность ординатора клиники инвазионных болезней животных, а в 1931 г. переводят на должность ассистента кафедры паразитологии и инвазионных болезней Витебского ветеринарного института. С этого времени фактически и начинается его научно-педагогическая деятельность и становление как ученого-паразитолога.

В 1932–1933 гг. Р.С. Чеботарёв находился в командировке в Ленинграде, где в Военно-медицинской академии изучал арахноэнтомологию, а в Ветеринарном институте совершенствовал свои знания по протозоологии. После учебы Р.С. Чеботарёва переводят на должность старшего ассистента кафедры паразитологии и инвазионных болезней Чкаловского сельскохозяйственного института, в это же время он является научным сотрудником отдела паразитологии Чкаловского научно-исследовательского медицинского института.

В 1935 г. Роман Семёнович по конкурсу был выбран на должность заведующего кафедрой паразитологии и инвазионных болезней Киевского ветеринарного института, где и работал до начала Великой Отечественной войны. В это время он изучает некоторые вопросы патогенеза при гельминтозах животных, исследует возбудителей пироплазмидозов, обобщает собранные материалы по эпизоотологии диктиокаулеза, макраканторинхоза, определяет и обосновывает возможность заражения телят неоаскаридами. Одним из первых изучает вопросы проявления аллергии при гельминтозах домашних животных. Отдельным направлением исследований в этот период является изучение распространения чесотки у животных, разработка средств ее лечения и профилактики. По материалам проведенных исследований в 1937 г. в Московском зооветеринарном институте Р.С. Чеботарёв защитил кандидатскую диссертацию по теме «Зимняя заклещёванность крупного рогатого скота».

В июле 1941 г. Р.С. Чеботарёва назначают начальником добровольного санитарного отряда, который находится на Юго-Западном фронте. Однако уже в августе его отзывают с фронта для участия в эвакуации Киевского ветеринарного института, в сентябре назначают заведующим кафедрой паразитологии и инвазионных болезней, а затем – заместителем директора Свердловского сельскохозяйственного института, где он работал до 1944 г. В 1943 г. в Свердловске Р.С. Чеботарёв организовал промышленное производство фенотиазина.

В 1942 г. в Казанском ветеринарном институте Р.С. Чеботарёв защитил докторскую диссертацию по проблеме пироплазмоза лошадей, а в 1944 г. ему было присвоено ученое звание профессора.

После освобождения Киева Р.С. Чеботарёв вернулся в Киевский ветеринарный институт, где снова возглавил кафедру паразитологии и инвазионных болезней. Через некоторое



время его назначают директором и заведующим кафедрой паразитологии Львовского ветеринарного института, где он работал до 1949 г. Затем он снова возвратился в Киев, в Институт зоологии, читал курс паразитологии и инвазионных болезней в ветеринарном институте.

В эти годы Р.С. Чеботарёв проводил ряд оригинальных исследований по паразитарным болезням животных. Им разрабатывается новое направление по использованию некоторых растений – люпина кормового, клевера, эспарцета, тыквы и др. – при паразитарных болезнях желудочно-кишечного тракта животных. Проводится изучение ряда протозойных болезней животных – балантидиоза крупного рогатого скота, трихомоноза и амёбной дизентерии свиней. Особенное внимание придавал изучению паразитоценозов сельскохозяйственных и домашних животных. Р.С. Чеботарёвым открыт ряд закономерностей динамики паразитоценозов и механизмы передачи инвазионного начала, что имеет большое теоретическое и практическое значение.

В апреле 1959 г. Р.С. Чеботарёв назначается директором Белорусского научно-исследовательского ветеринарного института. На этой должности он работал до 1968 г., а в институте – до 1976 г.

В 1959 г. избирается академиком Белорусской сельскохозяйственной академии, а в 1961 г. – академиком АН БССР. В это время он разрабатывает концепцию проведения комплексных мер по борьбе с паразитарными заболеваниями (1963).

Р.С. Чеботарёв – автор более 180 научных трудов, в том числе 4 монографий, 2 изобретений. Большая роль Р.С. Чеботарёва не только как ученого-исследователя в паразитологии по многим оригинальным направлениям, но и как педагога, популяризатора науки. Много времени он отдавал подготовке молодых ученых. Под его руководством защищено 10 кандидатских диссертаций. Награжден медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», медалью ВДНХ (1955), орденом «Знак Почета» (1966).

Роман Семёнович Чеботарёв принимал активное участие в общественной жизни. Он неоднократно выбирался депутатом районных советов, был членом Пленума секции животноводства и ветеринарии Западного отделения ВАСХНИЛ, членом Президиума Всесоюзного товарищества паразитологов при АН СССР, председателем Белорусского отделения ВОГ.

Роман Семёнович отличался добротой, скромностью, неутомимой трудоспособностью, постоянным стремлением к познанию нового. В памяти ученых, специалистов ветеринарного, биологического и медицинского профиля, всех, кто его знал, он остался неутомимым тружеником, выдающимся ученым и педагогом.



МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВЕТЕРИНАРНОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ



24 октября 2025 г. в РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» прошла Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития ветеринарной науки и практики», приуроченная к 150-летию со дня рождения выдающегося ученого, доктора ветеринарных наук, профессора, академика АН БССР С.Н. Вышелесского. Мероприятие прошло при поддержке партнеров – производителей ветеринарной продукции и оборудования и собрало более 120 специалистов из научных институтов и высших учебных заведений, областных и районных ветеринарных станций, зооветснабов, сельскохозяйственных предприятий Республики Беларусь, регионов Российской Федерации и Приднестровской Молдавской Республики.

Конференцию торжественно открыли заместитель директора Департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь Дорофейчик Игорь Александрович и директор РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского» Борисовец Дмитрий Сергеевич. Игорь Александрович подчеркнул значимость ветеринарной науки для биобезопасности страны и необходимость укрепления взаимодействия ученых и практиков. Борисовец Д.С. в своем выступлении отметил роль академика С.Н. Вышелесского в становлении ветеринарной науки, познакомил с новейшими достижениями Института экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского. В торжественной обстановке были вручены Памятные медали ведущим ученым в области эпизоотологии и инфекционной патологии Республики Беларусь и стран ближнего зарубежья, а также сотрудникам института, отработавшим в организации более 25 лет.





В ходе пленарного заседания прозвучали доклады «Современные виды вакцин как основа профилактики инфекционных болезней животных» (Гулюкин А.М., д-р ветеринар. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко РАН»), «Хламидиоз животных и птиц» (Равилов Р.Х., д-р ветеринар. наук, чл. корр. Академии наук Республики Татарстан, профессор кафедры эпизоотологии, паразитологии и паталогической анатомии ФГБОУ ВО Казанский ГАУ Институт «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана»), «Резервуары и переносчики вируса АЧС и его сохраняемость во внешней среде» (Балышев В.М., д-р ветеринар. наук, проф., руководитель Государственной коллекции микроорганизмов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии») и другие.

Живой интерес вызвал доклад «Пути повышения сохранности молочного скота» канд. с.-х. наук, доц., зав. лабораторией интенсивных технологий производства молока и говядины РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» Музыки А.А. Ученые и специалисты-практики из разных регионов страны обсуждали, как добиться не только высоких количественных показателей получаемой продукции, но и продления срока продуктивного использования животных.

В докладе канд. ветеринар. наук, заведующего отделом бактериальных инфекций Зубовской И.В. «Особенности лабораторной диагностики болезней сельскохозяйственных животных» был представлен широкий спектр услуг, оказываемых на современном оборудовании в Институте экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского. Актуально прозвучало и выступление научного сотрудника отдела вирусных инфекций Курбат И.А. «Вклад института экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского в решение проблем рабиологии», рассказавшей о преимуществах нового антирабического препарата для перорального использования, разработанного в нашем Институте и не имеющего аналогов в мире.

Проведенная конференция способствовала широкому обмену достижениями ученых, повышению конкурентоспособности ветеринарной продукции в целом, совершенствованию обеспечения информацией о передовом зарубежном и отечественном опыте специалистов и руководителей научных организаций, Минсельхозпрода и сельскохозяйственных организаций.

