



ISSN 2413-4201

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ КАЗАНСКОЙ АКАДЕМИИ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Издаются с 1883 г.

ТОМ 265 (1)



ISSN 2413-4201
DOI 10.31588/2413_4201_1883_1_265

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

**УЧЕННЫЕ ЗАПИСКИ
КАЗАНСКОЙ АКАДЕМИИ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМ. Н.Э. БАУМАНА**

**JOURNAL OF
RESEARCH AND
PRACTICE**

**SCIENTIFIC NOTES
KAZAN BAUMAN ACADEMY OF
VETERINARY MEDICINE**

**Издаются
с 1883 г.**

**ТОМ 265
(1)**



Казань 2026



УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ КАЗАНСКОЙ АКАДЕМИИ ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ТОМ 265 (1) 2026 г.

Учредитель –
Казанский государственный аграрный
университет

Адрес издателя и редакции:
420015, Республика Татарстан,
г. Казань, ул. К. Маркса, 65
тел. (843) 598-40-49 (доб. 814)
сайт: www.vetzapiski.ru
e-mail: uch.zap1883@mail.ru

Подписной индекс в РФ «Объединенный
каталог.
Пресса России.
Газеты и журналы» – 35487

Зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в
сфере связи, информационных
технологий и массовых
коммуникаций (Роскомнадзор) -
свидетельство о регистрации:
ПИ № ФС 77 - 89643
от 03 июня 2025 г.

Журнал включен
в Российский индекс научного
цитирования (РИНЦ).
Включен в Перечень ведущих
рецензируемых научных изданий ВАК
РФ, в которых должны быть
опубликованы основные результаты
диссертаций на соискание
ученой степени кандидата наук и
доктора наук по специальностям:
1.5.5. Физиология человека и
животных (биологические науки),
4.2.1. Патология животных,
морфология, физиология,
фармакология и токсикология
(биологические науки, ветеринарные
науки),
4.2.2. Санитария, гигиена, экология,
ветеринарно-санитарная экспертиза и
биобезопасность (биологические
науки, ветеринарные науки),
4.2.3. Инфекционные болезни
и иммунология животных
(биологические науки,
ветеринарные науки),
4.2.4. Частная зоотехния, кормление,
технологии приготовления кормов
и производства продукции
животноводств (сельскохозяйственные
науки)
4.2.5. Разведение, селекция, генетика
и биотехнология животных
(сельскохозяйственные науки,
биологические науки).

Публикуется 4 раза в год
За достоверность информации в опублико-
ванных материалах ответственность несут
авторы публикаций

16+

Главный редактор:

Равилов Р.Х., доктор ветеринарных наук, профессор, член-корр. АН РТ,
Казанский государственный аграрный университет.

Заместители главного редактора:

Калимуллин М.Н., доктор технических наук, доцент, профессор АН РТ,
Казанский государственный аграрный университет.

Шайдуллин Р.Р., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Казанский
государственный аграрный университет.

Члены редакционной коллегии:

Ахметзянова Ф.К., доктор биологических наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет (Казань).

Балакирев Н.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик
РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и био-
технологии – МВА им. К.И. Скрябина (Москва).

Барамова Ш.А., доктор биологических наук, профессор, главный научный
сотрудник, Казахский научно-исследовательский ветеринарный институт
(Казахстан).

Василевич Ф.И., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН,
Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехно-
логии – МВА им. К.И. Скрябина (Москва).

Ежова А.М., доктор биологических наук, профессор, Казанский госу-
дарственный аграрный университет (Казань).

Клименко А.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик
РАН, директор, Федеральный Ростовский аграрный научный центр
(Ростовская область).

Кошаев А.Г., доктор биологических наук, профессор, академик РАН, Кубан-
ский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина
(Краснодар).

Кульмакова Н.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Россий-
ский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязе-
ва (Москва).

Мингалеев Д.Н., доктор ветеринарных наук, доцент, профессор АН РТ,
Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической
безопасности (Казань).

Мурадян А.М., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Национальный
аграрный университет Армении (Армения).

Мустафин И.Г., доктор медицинских наук, профессор, Казанский
государственный медицинский университет (Казань).

Стекольников А.А., доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН,
Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медици-
ны (Санкт-Петербург).

Тайлан Аксу, доктор наук, профессор, Университет Ван (Турция).
Тенлибаева А.С., доктор биологических наук, доцент, Университет им.
Жумабека Ташенова, г. Шымкент (Казахстан).

Тюлькин С.В., доктор биологических наук, Федеральный центр охраны
здоровья животных (Казань).

Файзрахманов Р.Н., доктор биологических наук, профессор, профессор АН
РТ, Казанский государственный аграрный университет (Казань).

Юлдашбаев Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик
РАН, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева (Москва).

Члены редакционного совета:

Ахметов Т.М., доктор биологических наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Вахитов И.Х., доктор биологических наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Волков А.Х., доктор ветеринарных наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Галиуллин А.К., доктор ветеринарных наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Лутфуллин М.Х., доктор ветеринарных наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Медетханов Ф.А., доктор биологических наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.

Муллакаев О.Т., доктор ветеринарных наук, профессор, Казанский
государственный аграрный университет.



SCIENTIFIC NOTES KAZAN BAUMAN ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE

JOURNAL OF RESEARCH AND PRACTICE
VOLUME 265 (1) 2026

Founder -

Kazan State Agrarian University

Publisher and editorial address:

420015, Republic of Tatarstan,

Kazan, K. Marks st., 65

tel. (843)598-40-49 (additional 814)

website: www.vetzapiski.ru

e-mail: uch.zap1883@mail.ru

Subscription index in the Russian Federation "Unified Catalogue. Press of Russia. Newspapers and Magazines" – 35487

Registered by

Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media

registration certificate:

PI No. FS77 - 89643

June 3, 2025

The journal is included in the List of leading peer-reviewed scientific journals of the Higher Attestation Commission of the Russian Federation (VAK RF), in which the main results of dissertations for the degree of Candidate of Sciences and Doctor of Sciences in the following specialties must be published:

1.5.5. Human and animal physiology (biological sciences)

4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology, and toxicology (biological sciences, veterinary sciences)

4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary examination, and biosafety (biological sciences, veterinary sciences)

4.2.3. Infectious diseases and immunology of animals (biological sciences, veterinary sciences)

4.2.4. Special animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products (agricultural sciences)

4.2.5. Breeding, selection, genetics, and biotechnology of animals (agricultural sciences, biological sciences).

Published

4 times a year

Authors of publications are responsible for the accuracy of information in published materials

Chief Editor:

Ravilov R.Kh., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University.

Deputies of Chief Editor:

Kalimullin M.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University.

Shaidullin R.R., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Kazan State Agrarian University.

Members of the Editorial Committee:

Akhmetzyanova F.K., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University (Kazan).

Balakirev N.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skryabin Moscow Veterinary Academy (Moscow).

Baramova Sh.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Kazakh Research Institute of Veterinary Science (Kazakhstan).

Vasilevich F.I., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skryabin Moscow Veterinary Academy (Moscow).

Ezhkova A. M., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University (Kazan).

Klimenko A.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director, Federal Rostov Agrarian Scientific Center (Rostov Region).

Koshaev A.G., Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin (Krasnodar).

Kulmakova N.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy (Moscow).

Mingaleev D.N., Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Professor of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (Kazan).

Muradyan A.M., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, National Agrarian University of Armenia (Armenia).

Mustafin I.G., Doctor of Medical Sciences, Professor, Kazan State Medical University (Kazan).

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg State University of Veterinary Medicine (Saint Petersburg).

Taylan Aksu, Doctor of Sciences, Professor, Van University (Turkey).

Tenlibaeva A.S., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Zhumbek Tashenov University, Shymkent (Kazakhstan).

Tyulkin S.V., Doctor of Biological Sciences, Federal Center for Animal Health (Kazan).

Faizrakhmanov R.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan State Agrarian University (Kazan).

Yuldashbaev Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Russian State Agrarian University – K.A. Timiryazev Moscow Agricultural Academy (Moscow).

Члены редакционного совета:

Akhmetov T.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Vakhitov I.Kh., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Volkov A.Kh., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Galiullin A.K., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Lutfullin M.Kh., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Medetkhanov F.A., Doctor of Biological Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

Mullakaev O.T., Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazan State Agrarian University.

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕТЕРИНАРИЯ

	стр.
Аистова Л. Г., Федорова А. О., Бондарчук Е. В., Галкина Е. А., Ваганов А. Г. Модифицирующее воздействие слабыми широкополосными электромагнитными полями (ЭМП) на уменьшение размеров меланомы B16 у мышей линии C57BL/6.....	6
Аникиенко И. В. Вены таза и тазовой конечности байкальской нерпы (<i>Pusa sibirica</i> Gmelin, 1788).....	17
Данилова Е. В., Хабиров А. Ф., Андриянова Э. М., Андреева А. Е., Цапалова Г. Р. Влияние пробиотиков на развитие внутренних органов и ферментативную систему печени гусят-бройлеров.....	25
Круть У. А., Ефимова В. А., Выросткова А. С., Болгов А. А., Ахупкина С. С. Протекторное действие пробиотика на морфофункциональные показатели печени цыплят-бройлеров при индуцированной энтерофлюксацином гепатопатии.....	32
Крылова И. О., Садыкова Ю. Р. Микробиоценоз воздушной среды мест содержания служебных собак и влияние на морфобиохимические показатели крови в климатических условиях западного Приуралья.....	39
Максимов В. И., Федорова Е. Ю., Козловский А. Д. Физиолого-биохимические показатели крови домашних северных оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе.....	49
Плотникова Э. М., Шакуров М. М., Гайнуллин Р. Р., Рахматуллина Г. И. Калимуллин Ф. Х. Получение и применение фосфолипидов - исходного материала для изготовления липосомальных форм лекарственных препаратов.....	54
Турканов И. Ф., Аистова Л. Г., Флакс Г. А., Болоцкова П. Н., Грязнов В. Г. Модифицирующее воздействие слабыми широкополосными электромагнитными полями (ЭМП) на процесс метастазирования меланомы B16 у мышей линии C57BL/6.....	59
Федорова А. О., Ларинская А. В. Анализ современных материалов и методов obturation системы корневых каналов зубов в ветеринарной стоматологии.....	65
Фрик Е. В., Плешакова В. И. Сравнительный анализ микробного состава энтеробиоценоза у различных видов мигрирующих птиц Омской области.....	75
Цыганков Е. М., Менькова А. А., Козлов С. А., Влияние добавки NCG-N карбамил глутамата на биохимические параметры крови бычков.....	80

ЗООТЕХНИЯ

Мурсалова Ю. В., Мурсалов Т. Ф., Докучаева И. С., Петухова Е. В., Ежкова А. М. Побочные продукты пивоварения в качестве кормовой добавки для роста африканского клариевого сома.....	86
--	----

CONTENTS

VETERINARY MEDICINE

	Pages
Aistova L. G., Fedorova A. O., Bondarchuk E. V., Galkina E. A., Vaganov A. G. Modifying effect of weak broadband electromagnetic fields (EMF) on reducing the size of B16 melanoma of C57BL/6 line of mice.....	6
Anikienko I. V. Veins of pelvis and pelvic limb of Baikal seal (<i>Pusa sibirica</i> Gmelin, 1788).....	17
Danilova E. V., Khabirov A. F., Andrianova E. M., Andreeva A. E., Tsapalova G. R. Influence of probiotics on the development of internal organs and liver enzymatic system of broiler goslings.....	25
Krut U. A., Efimova V. A., Virostkova A. S., Bolgov A. A., Akhapkina S. S. Protective effect of a probiotic on the morphofunctional indicators of the liver in broiler chickens with enrofloxacin-induced hepatopathy.....	32
Krylova I. O., Sadykova Yu. R. Mycocenosis of air environment of service dogs and effect on morphobiochemical parameters of blood in the climatic conditions of Western Urals.....	39
Maksimov V. I., Fedorova E. Yu., Kozlovskiy A. D. Physiological and biochemical blood parameters of Even breed domestic reindeer during early postnatal ontogenesis.....	49
Plotnikova E. M., Rakhmatullina G. I., Shakurov M. M., Gaynullin R. R., Kalimullin F. Kh. Obtaining and using phospholipids as a starting material for manufacturing liposomal drugs.....	54
Turkanov I. F., Aistova L. G., Flaks G. A., Bolotskova P. N., Gryaznov V. G. Modifying effect of weak broadband electromagnetic fields (EMF) on the process of B16 melanoma metastasis in C57BL/6 mice.....	59
Fedorova A. O., Larinskaya A. V. Analysis of modern materials and methods root canal obturation in veterinary dentistry.....	65
Frick E. V., Pleshakova V. I. Comparative analysis of the microbial composition of enterobiocenosis in various species of migrating birds in Omsk region.....	75
Tsygankov E. M., Menkova A. A., Kozlov S. A. Effect of the NCG-N carbamyl glutamate supplement on biochemical parameters of bulls' blood.....	80

ZOOTECHNICS

Mursalova Yu. V., Mursalov T. F., Dokuchaeva I. S., Petukhova E. V., Ezhkova A. M. Brewing waste as a feed additive for the growth of African sharp-tooth catfish.....	86
---	----

**МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СЛАБЫМИ ШИРОКОПОЛОСНЫМИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ (ЭМП) НА УМЕНЬШЕНИЕ РАЗМЕРОВ
МЕЛАНОМЫ В16 У МЫШЕЙ ЛИНИИ C57BL/6****Л. Г. Аистова, А. О. Федорова, Е. В. Бондарчук, Е. А. Галкина, А. Г. Ваганов**

Реферат. Наличие резистентности к стандартным схемам лечения вызывает необходимость поиска более эффективных схем лечения меланомы кожи. Цель – изучить развитие меланомы В16 у мышей линии C57BL/6 в условиях воздействия слабого неионизирующего электромагнитного излучения. Эксперимент проводился на базе Дальневосточного ГАУ. Самцам мышей (n=120) выполнялось внутривенное введение мышиной меланомы В16, в количестве 1 млн. клеток. Животные были разделены на 2 группы по 60 особей в каждой. Опытная группа получала с девятого дня болезни ежедневное аппаратное лечение ТОР в течение 60 минут. Контрольной группе лечение не проводилось. Продолжительность эксперимента – 184 дня. Оценивали клинический статус животных, определяли объем опухоли и рассчитывали индекс ее роста. Наибольший пик гибели животных в обеих группах наблюдался с 26 по 31 день. В опытной группе, выживаемость мышей составила 3,3% по сравнению с контролем, где наблюдалась 100% гибель. Выявлено, что у двух мышей из опытной группы роста опухоли не наблюдалось с 19 и с 22 суток. На 19-е сутки объем опухоли у мышей контрольной группы в 3 раза превышал опытную группу, на 27-е сутки – в 8 раз. Индекс роста опухоли был меньше в опытной группе. Некрозы на поверхности опухоли в контрольной группе отмечены в 78,3% случаев, в опытной – в 48,3% случаев с признаками репарации. Коэффициент вариации в опытной группе составил 0,08; а у контроля много больше – 0,63 (33 сутки), что говорит о синхронизации процессов опухолевой регрессии у разных животных. Терапия электромагнитным излучением мышей линии C57BL/6, больных меланомой В16, продлевает длительность жизни у 3,3% особей, приводит к уменьшению объема опухоли с 19-22 суток применения, замедляет опухолевый распад на 9 суток.

Ключевые слова: мыши, онкология, опухоль, меланома В16, рак кожи, электромагнитное излучение, ЭМИ, ЭМП, замедление развития опухоли.

Для цитирования: Аистова Л.Г., Федорова А.О., Бондарчук Е.В., Галкина Е.А., Ваганов А.Г. Модифицирующее воздействие слабыми широкополосными электромагнитными полями (ЭМП) на уменьшение размеров меланомы В16 у мышей линии C57BL/6 // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С.6-16. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_6.

Введение. Меланома является стремительной по своему течению и наиболее агрессивной формой злокачественных новообразований кожи. Она занимает пятое место по распространенности среди всех видов злокачественных новообразований в мире, демонстрируя быстрый рост уровня заболеваемости за последние 10 лет [1]. Мыши с перенесенной меланомой В16, как правило, погибают в течение 30-40 дней. В естественных условиях основными факторами, влияющими на сбой клеточного цикла меланоцитов с возникновением тенденции к избыточной пролиферации, являются ультрафиолетовое излучение и избыточная травматизация кожных невусов [2]. Важное значение имеет также генетическая предрасположенность к данному заболеванию. В результате активации врожденных или индуцированных механизмов, происходят различные мутации в генах меланоцитов. Мутагенез приводит к конститутивной пролиферации, увеличению выживаемости меланоцитов с повышением резистентности к апоптозу [3].

Иммунотерапия сегодня является стандартом системного лечения меланомы кожи и активно используется в неоадьювантном и адьювантном режимах у больных высокого риска рецидива [4]. Согласно данным крупных рандомизированных исследований,

иммунотерапия улучшает безрецидивную и общую выживаемость, что отражено в современных рекомендациях NCCN, ESMO и SIT [5, 6, 7]. Меланома относится к опухолям с высоким общим мутационным грузом, в основном за счёт «ультрафиолетовой подписи», что ведёт к формированию неоантигенов и частично объясняет высокую чувствительность к иммунным чек-пойнт-ингибиторам. При прогрессии под давлением терапии возможно формирование вторичных мутаций (например, в BRAF, MEK, PTEN) и изменения в HLA/антигенпрезентирующих механизмах, приводящие к таргетной и иммунной резистентности [8, 9, 10].

Наличие резистентности к стандартным схемам лечения вызывает необходимость поиска более эффективных схем лечения этого непростого заболевания. При исследовании меланомы в экспериментальных моделях на животных часто используют меланому В16 [11, 12, 13]. Интересен опыт ряда исследователей [14, 15, 16], утверждающих, что слабое электромагнитное излучение (ЭМИ) способно избирательно регулировать ключевые процессы клеточного гомеостаза, такие как пролиферация, апоптоз и репарация, путем тонкой настройки параметров частоты, интенсивности и длительности воздействия.

Системный анализ существующих

клинических исследований показывает, что электромагнитная модуляция успешно решает ключевые проблемы традиционного лечения, такие как гетерогенность опухолей и низкая селективность препаратов. Ряд исследователей [17] утверждает, что в зависимости от режимов и «архитектуры» электромагнитных полей (ЭМП) можно получить стимуляцию или подавление скорости синтеза и времени удвоения клеток лимфомы человека линии U937 и меланомы B16. Торможение или стимуляция наблюдаемых эффектов носит нелинейный характер, что позволяет авторам [17] высказать предположение о существовании в том числе и резонансного механизма ответа опухолевых клеток на воздействие ЭМИ, поданного в различных режимах.

Анализ литературных данных [18, 19, 20] показывает, что особый интерес представляет метод общего воздействия индукционных ЭМП. Была оценена эффективность применения такого рода ЭМП при лечении опухолевых заболеваний [21]. Общим выводом является отсутствие каких-либо признаков повреждения здоровых тканей и угнетения функций иммунной и кроветворной систем, что позволяет рекомендовать применение терапии такого рода в различных схемах пред- и послеоперационного лечения онкологических больных.

Изучение состояния иммунной системы больных раком молочной железы II–III стадий в ходе комплексного лечения с применением магнитотерапии на установке «Магнитотурботрон» [20] показало, что действие индукционного ЭМИ приводит к активизации Т-клеточного звена иммунной системы и способствует снижению повреждающего действия ЭМИ на иммунокомпетентные клетки. Изменялось соотношение хелперно-супрессорных фракций Т-лимфоцитов в пользу Т-хелперов, что является положительным моментом перед оперативным вмешательством в ходе системной химиотерапии.

В публикациях [22, 23, 24] изучалось влияние ЭМИ на апоптоз опухолевых клеток. В частности, было проведено исследование [22] раннего апоптоза клеток гепатомы линии Bel-7402, которые культивировались *in vitro* на магнитных нанопорошках Fe₃O₄ различной дисперсности при воздействии ЭМП сверхнизкой частоты. Магнитные наночастицы усиливали воздействие ЭМП на клеточный метаболизм, и эффект зависел от диаметра наночастиц. Эксперименты показали, что наночастицы самостоятельно не могли влиять на физиологию клетки. Однако, совместное воздействие магнитных частиц и ЭМП позволило ингибировать пролиферацию опухолевых клеток и индуцировать в них ранние стадии апоптоза. Также проводились опыты на образцах крови гематологических больных с различными заболеваниями крови с применением аппарата «Магнитер АМТ-01» (30 мТл, продолжительность экспозиции 30 мин) [25]. При исследовании клеток крови больных, подвергнутой ЭМИ-терапии в течение 30 мин *in vitro*, было установлено

положительное воздействие на экспрессию опухолевых и Т-клеточных маркеров при множественной миеломе, а также повышение активности регуляторной функции Т-лимфоцитов. При обработке крови попеременно ЭМИ и импульсным магнитным полем обнаружено совместное повышение экспрессии CD3, CD4 и соотношения CD4/CD8, что косвенно указывало на снижение иммунодефицитного состояния. Таким образом, представляется перспективным изучить влияние электромагнитного излучения на степень опухолевой пролиферации.

Цель работы: изучить развитие меланомы B16 у мышей линии C57BL/6, в условиях слабого неионизирующего нетеплового широкополосного электромагнитного излучения.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. Определить процент выживаемости при развитии меланомы B16 у мышей C57BL/6 и воздействии на них аппаратом «ТОР».
2. Определить интенсивность увеличения объема меланомы B16 в период терапии аппаратом «ТОР».
3. Выявить эффективность замедления роста опухоли в период терапии аппаратом «ТОР».

Условия, материалы и методы. Открытое, нерандомизированное исследование проводилось в условиях вивария факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий Дальневосточного ГАУ в период с мая 2025 года по декабрь 2025 г. Объектом исследований явились мыши, имеющие сертификат здоровья и качества, доставленные из НПП «Питомник лабораторных животных» Филиала ФГБУН «Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова» РАН.

В питомнике самцам линии C57BL/6 (n=120), черной масти, выполнялось внутрикожное введение суспензии клеток меланомы B16 на правом боку, в количестве 1 млн. клеток/гол. Возраст мышей на начало эксперимента – 8 недель, масса – от 22 до 28 грамм.

Животные были разделены на 2 группы по 60 особей в каждой:

- Опытную группу составили особи, получающие с девятого дня болезни, в течение 175 суток, ежедневное аппаратное лечение ТОР в течение 60 минут;

- Контрольную группу – особи, которым лечение не проводилось.

Для лечения мышей использовали аппарат неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» (здесь и далее аппарат «ТОР»), апробированный в клинике для лечения пациентов с COVID-19 Самарского государственного медицинского университета [26]. Аппарат «ТОР» зарегистрирован в качестве медицинского изделия в Государственном реестре Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения Российской Федерации (№RZN 2021/15459 от 23 сентября 2021 года, регистрационное досье № RD36804/79643).

Принцип действия аппарата «ТОР» основан на слабом неионизирующем нетепловом широкополосном электромагнитном излучении, непрерывно генерируемом высоковольтными импульсами электродов. Частота импульсов находится в диапазоне 100-150 Гц, каждый меандроподобный волновой пакет имеет частотный режим 25 кГц. Потребляемая мощность при работе составляет 12 Вт максимальная – 150 Вт. Напряжение на электродах не превышает 8 кВт.

Оценивались клинический статус животных, их масса, состояние кожного покрова в области введения опухолевых клеток, наличие некрозов. Каждые 3 дня на протяжении 45 дней выполнялись измерения массы мышцей. Объем опухоли вычисляли по следующей формуле:

$$V=(AB^2)/2 \quad (1)$$

где:

A – наибольший размер опухоли;

B² - перпендикулярный размер опухоли.

Вычисляли индекс роста опухоли (I), который отражает динамику роста опухоли и противоопухолевую активность. Расчет производили по следующей формуле:

$$I = V_k / V_o \quad (2)$$

где:

V_k - объем опухоли на текущий момент времени,

V_o - исходный объем опухоли.

При проведении научных исследований придерживались требований биоэтики согласно Национальным «Общим этическим принципам экспериментов на животных», соответствующим положению «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и других научных целей» от 18 марта 1986 г., а также рекомендаций Коллегии

Евразийской экономической комиссии № 33 от 14 ноября 2023 г. «О руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований. Исследования проведены с разрешения локального этического комитета ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (протокол № 2 от 28.05.2025 г.).

Статистическую обработку результатов исследования производили по общепринятым методикам с помощью программы Microsoft Excel 2010. Для определения доверительного интервала использовали таблицу Р. Б. Стрелкова. В группах определяли коэффициент вариации (КВ) как отношение стандартного отклонения к среднему значению выборки. Интерпретацию результатов осуществляли по следующим критериям: 0-0,1 — низкая вариабельность, стабильные процессы, высокая предсказуемость; 0,1-0,2 — средняя вариабельность, приемлемый уровень для большинства процессов; 0,2-0,3 — высокая вариабельность; >0,3 — очень высокая вариабельность, нестабильные процессы, низкая предсказуемость.

Результаты и обсуждение. При оценке летальности в группах животных время эксперимента поделено на 5-дневные интервалы. При изучении динамики летальности выявлено, что наибольший пик гибели животных в обеих группах наблюдался в период с 26 по 31 день. В опытной группе, где применяли ЭМИ-терапию, выживаемость мышцей составила 3,3% по сравнению с контролем, где наблюдалась 100% гибель (табл. 1).

При изучении динамики падежа животных выявлено, что наибольший пик гибели животных в обеих группах наблюдался в период с 26 по 31 дни болезни.

Таблица 1 - Динамика летальности животных в группах исследования, n=120

Показатели		Контрольная группа	Опытная группа
День болезни	21	7	4
	26	18	22
	31	24	22
	36	8	10
	61	3	0
Итого		60	58
Падеж, %		100	96,7
Сохранность, %		0	3,3

В опытной группе, где применяли неинвазивное воздействие аппаратом «ТОР» выживаемость мышцей составила 3,3% по сравнению с контролем, где наблюдалась 100% гибель. Результаты изменения массы тела животных приведены в таблице 2.

Выявлено, что с 7 по 30-е сутки эксперимента, масса животных в обеих группах устойчиво снижалась от 4,8 до 5,0 граммов, причем в контрольной группе снижение массы было на 1,9% больше, чем в опытной.

Животные выглядели истощенными на фоне увеличения размеров опухоли. У животных наблюдались признаки общего истощения и обезвоживания (рис. 1). Динамика массы тела животных в течение всего периода эксперимента имела незначительные колебания за счет увеличения опухоли на фоне общего истощения. На 184 сутки, при проведении взвешивания мышцей опытной группы, выявлено увеличение их массы в 2,1 раза.

Таблица 2 - Динамика изменения массы мышей в период эксперимента, n=120

Период, после привития мелано-мы, дни	Контрольная группа, г			Опытная группа, г		
	n	масса	M±m	n	масса	M±m
7 сутки	60	25,97	26,0±1,5	60	25,73	25,7±1,4
16 сутки	56	23,32	23,3±1,2	57	23,27	23,3±2,3
20 сутки	55	22,87	22,9±1,4	56	22,46	22,5±1,5
30 сутки	20	20,50	20,5±1,8	21	20,90	20,9±1,6
40 сутки	2	21,50	21,5±0,5	2	22,67	22,7±1,5
184 сутки	0	-	-	2	49,00	49,0±5,0



А



Б



В



Г

Рисунок 1 – Вид опухоли у животных в группах сравнения (А, В – контроль; Б, Г – опыт; А, Б – 12 сутки исследования; В, Г – 22 сутки исследования)

Результаты измерений объема опухоли приведены в таблице 3. При проведении замеров объема опухоли выявлено, что у двух мышей из опытной группы рост опухоли прекратился на 19-е и 22-е сутки, соответственно, на фоне проведения терапии ЭМИ. У данных мышей отмечалось отсутствие снижения активности и аппетита, количества потребляемой воды.

Таким образом, у животных контрольной группы объем опухоли в течение всего периода был в несколько раз больше, чем у животных опытной группы. Так на 19-е сутки объем опухоли у мышей контрольной группы в 3 раза превышал данный показатель в опытной группе, а на 27-е сутки – уже в 8 раз. При расчёте индекса роста опухоли (рис. 2) выявлено, что у мышей опытной группы он был также меньше.

Таблица 3 – Динамика изменений объема опухоли в группах исследования

Периоды измерений, сутки	Контрольная группа, см ³		Опытная группа, см ³	
	n	M±m	n	M±m
7	60	0	60	0
10	60	0,5±0,4	60	0,1±0,1
13	57	1,0±0,7	60	0,2±0,2
16	57	1,5±1,1	57	0,5±0,4
19	55	2,9±1,9	55	1,0±0,6
21	54	5,4±3,9	52	1,6±1,1
24	43	5,7±2,2	44	1,4±0,6
27	30	8,8±4,3	37	1,1±0,3
30	13	5,8±1,9	21	1,1±0,3
33	6	4,2±1,9	10	1,1±0,5
36	4	4,0±1,9	4	1,2±0,5
39	0	0	4	2,5±1,5
42	0	0	4	2,5±1,5
45	0	0	3	4,0±0,01
184	0	0	2	Опухоли нет

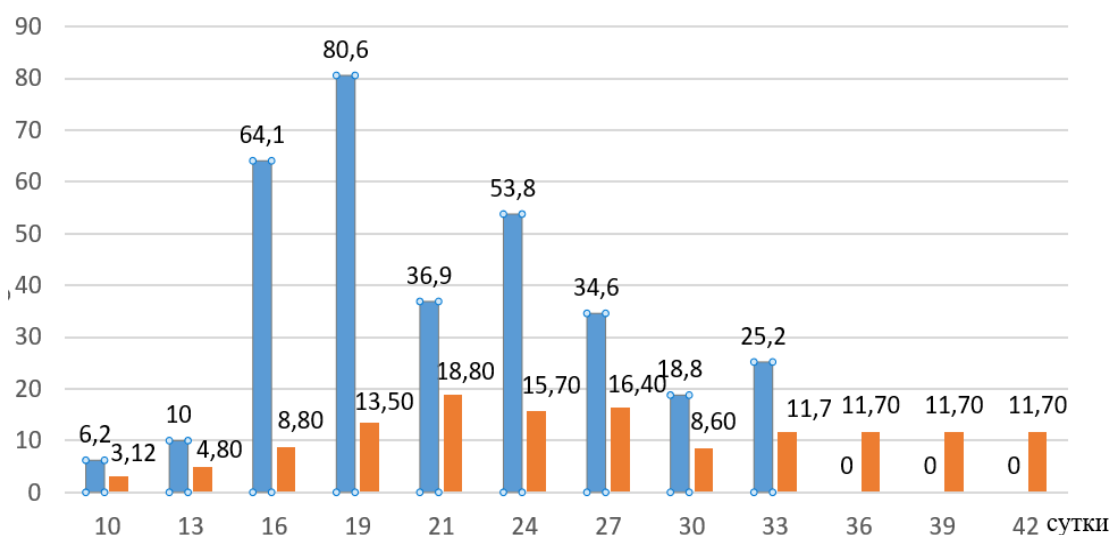


Рисунок 2 – Динамика изменений индекса роста опухоли в группах исследования: синий — контрольная группа, оранжевый — опытная группа

Наибольшие различия индекса роста опухоли наблюдались на 16-е сутки (в 7,3 раз), а также на 19-е сутки – почти в 5,8 раз. Можно отметить, что у животных, которым проводилась ЭМИ-терапия, только к 42 дню опухоль достигла тех размеров, которые зафиксированы на 20 сутки у мышей из контрольной группы.

В течение эксперимента у ряда особей отмечался распад опухоли и появление некроза тканей кожного покрова на поверхности очагов опухолевых разрастаний. Отмечено, что некрозы в опытной группе появились на 9 дней

позднее, чем в контрольной группе. Были проведены замеры некротических участков кожного покрова в период всего эксперимента и высчитана их площадь. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Возникновение некроза кожи на поверхности опухоли у мышей в контрольной группе отмечено в 78,3% случаев (40 голов), тогда как в опытной группе – в 48,3% случаев (29 голов). Кроме того, у мышей в опытной группе отмечены процессы регенерации и репарации некрозов (их заживление). Динамика заживления представлена на рисунке 3.

Таблица 4 – Динамика изменения площади некроза опухолевой ткани в группах исследования

Периоды измерений, сутки	Наличие некроза			
	Контрольная группа, см ²		Опытная группа, см ²	
	n	M±m	n	M±m
7	0	0	0	0
10	6	0,04±0,02	0	0
13	5	0,01	0	0
16	2	0,01	0	0
19	14	0,01±0,001	4	0,01
20	5	0,10±0,05	9	0,08±0,04
21	9	0,40±0,10	7	0,24±0,04
22	28	0,30±0,03	16	0,40±0,20
24	17	0,30±0,07	14	0,21±0,07
26	5	4,00±2,50	5	0,40±0,20
27	6	0,80±0,40	5	0,40±0,20
28	1	1,50	4	0,40±0,20
174	-	-	0	0

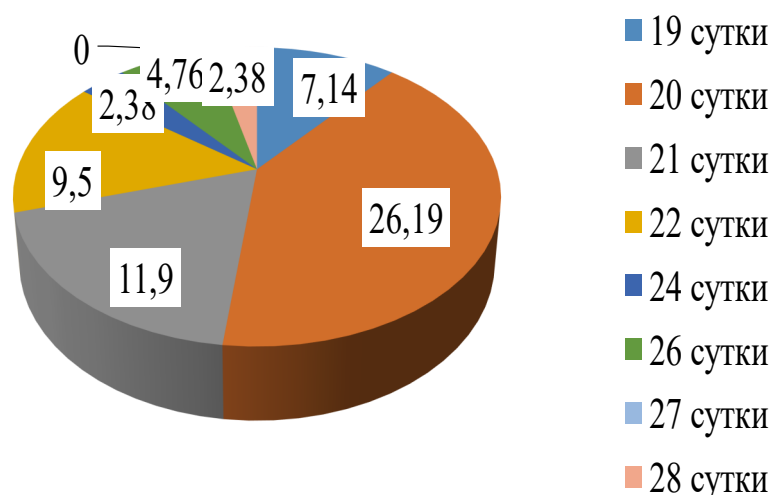


Рисунок 3 – Динамика заживления некрозов кожи у животных в группах исследования

Заживление кожного покрова в опытной группе (рис. 3) начало проявляться с 19 дня болезни с нарастающей тенденцией. Наиболее интенсивная репарация некротических очагов кожного покрова в очагах меланомы выявлена на 20-е сутки болезни (26,9%), с плавным снижением репарации некрозов до нуля к 27-м суткам, с дальнейшим её возрастанием к 28-м суткам болезни.

При оценке коэффициентов вариации (КВ) выявлены различия в группах исследования. На 27 сутки КВ в группе контроля - 0,66, в опытной группе - 0,27; на 30-е сутки КВ контроля - 0,42, у опыта - 0,18. К 33-м суткам глубина различий по КВ достигает своего пика: так в контрольной группе он равен 0,63; а в опытной - 0,08 (рис. 4).

Обсуждение. Несмотря на значительные

успехи современной медицины в области диагностики и лечения онкологических заболеваний, проблема контроля опухолевой прогрессии остается актуальной.

Хирургическое вмешательство, химиотерапия и лучевая терапия часто сопровождаются серьезными побочными эффектами и снижением эффективности при распространенной форме болезни. Данные методы имеют ограничения, обусловленные токсичностью препаратов, возможностью развития устойчивых форм опухолей и неблагоприятными последствиями для здоровых тканей. Данные методы лечения, хотя и являются важными методами лечения, обладают низкой специфичностью и могут повреждать здоровые клетки, вызывая серьезные побочные эффекты и осложнения [27, 28].

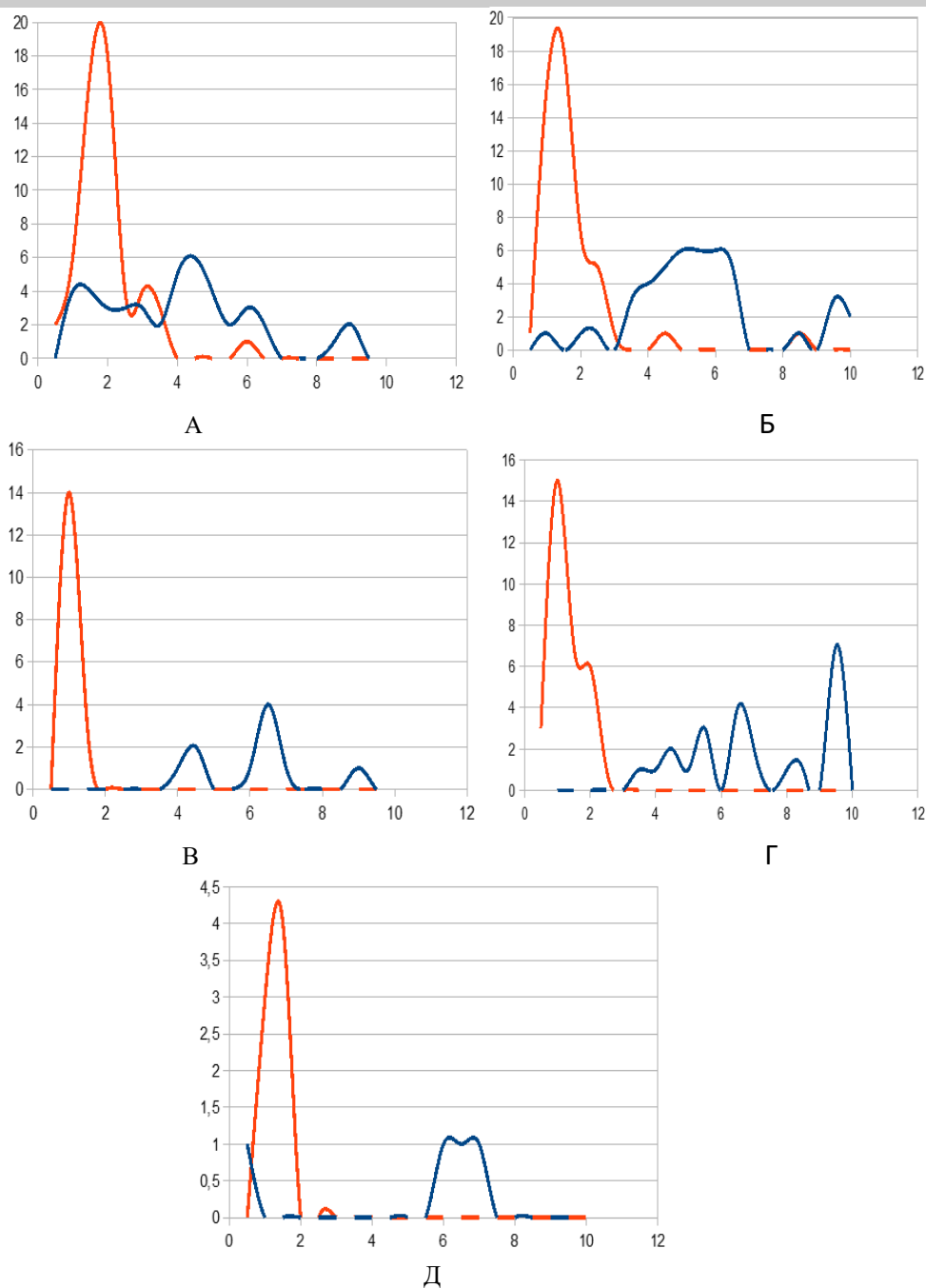


Рисунок 4 – Графики взаимоотношения размера опухоли и числа мышей-носителей (демонстрация коэффициента вариации в группах исследования). По оси абсцисс – размер опухоли, по оси ординат – количество мышей. Синий – контроль, красный – опыт. А – 21-й день, Б – 24-й день, В – 27-й день, Г – 30-й день, Д – 33-й день эксперимента

В этой связи возникает необходимость разработки альтернативных методов лечения с минимальным риском осложнения и высокой степенью избирательности, к которым относится электромагнитная терапия. Этот метод предполагает воздействие на организм низкоэнергетическим электромагнитным полем, которое способно избирательно воздействовать на опухолевые клетки, вызывая их гибель или замедляя рост. Преимущества электромагнитной терапии заключаются в её относительной безопасности, отсутствии значительного

повреждения здоровых тканей и возможности индивидуального подбора режима воздействия.

В проведенном эксперименте выяснено, что системное применение электромагнитной терапии продлевает длительность жизни мышей линии C57BL/6 больных меланомой B16 у 3,3% особей (два животных). На фоне ЭМИ отмечается снижение опухолевой прогрессии с 19-22 суток после начала сеансов аппаратного лечения. Некроз опухоли в опытной группе развивался в среднем

на 9 суток позже, чем в контроле. Более того, на фоне систематического применения ЭМИ отмечалось возникновение элементов репарации областей опухолевого распада на коже у ряда животных.

При оценке коэффициента вариации отмечается его минимальное значение с 27 суток исследования в опытной группе, что явно отличается от контроля. Это доказывает, что слабое неионизирующее нетепловое импульсное широкополосное ЭМП не только подавляет пролиферативную активность опухолевых клеток и активирует апоптоз, но также синхронизирует и гармонизирует данные внутриклеточные процессы в организмах групп нескольких десятков особей, подвергавшихся воздействию ЭМП.

Полученные данные доказывают, что действие ЭМИ реализуется благодаря различным физико-химическим процессам, происходящим в биологических структурах раковых клеток. В ряде работ показано, что прямое действие ЭМИ на культивируемые *in vitro* опухолевые клетки ингибирует в них синтез ДНК до 30% [29].

Таким образом, использование сеансов ЭМИ в комплексном лечении опухолей может иметь позитивное влияние на скорость их прогрессии, как напрямую, так и опосредованно. Последний вариант воздействия может быть

обусловлен повышением чувствительности опухолевых клеток к проводимой химио- и иммунотерапии [30].

Несмотря на значительный потенциал электромагнитной терапии, существуют трудности, связанные с отсутствием четких научных оснований для выбора оптимального режима воздействия, недостатком стандартных протоколов лечения и необходимостью персонализации подхода к каждому пациенту. Таким образом, разработка комплексных решений, направленных на повышение эффективности и снижение рисков электромагнитной терапии, становится приоритетной задачей для медицинской науки и практики.

Выводы: 1. Терапия слабым неионизирующим нетепловым широкополосным импульсным электромагнитным излучением мышей линии C57BL/6, больных меланомой B16, продлевает длительность жизни у 3,3% особей (2 животных из 60);

2. Данная терапия у мышей линии C57BL/6, больных меланомой B16, однозначно приводит к уменьшению объема опухоли с 19-22 суток применения;

3. Показано, что такое лечение мышей линии C57BL/6, больных меланомой B16, замедляет опухолевый распад на 9 суток, а также стимулирует репаративные процессы в зоне некроза.

Литература

1. Малишевская Н. П., Соколова А. В., Демидов Л. В. Современное состояние заболеваемости меланомой кожи в Российской Федерации и федеральных округах // Медицинский совет. 2018. Т. 10. С. 161-165. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-10-161-165>
2. Меланома, молекулярно-биологические аспекты этиопатогенеза: классификация, этиология, факторы риска, BRAF, NRAS мутации / Т. П. Казубская, Л. В. Мехеда, Е. И. Трофимов [и др.] // Вопросы онкологии. 2022. Т. 68. №6. С. 725-732. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-725-732>
3. Результаты лечения пациентов с метастатической увеальной меланомой: ретроспективное моноцентровое исследование / И. Жерко, Л. Науменко, Е. Жилиева [и др.] // Вопросы онкологии. 2022. Т. 68. №2. С. 224-231. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-2-224-231>
4. Экспериментально-морфологическое обоснование подходов к гибридной фотодинамической терапии увеальной меланомы / Е. В. Самкович, Э. В. Бойко, И. Е. Панова [и др.] // Вопросы онкологии. 2025. Т. 71. №2. С.325-333. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2025-71-2-325-333>
5. Меланома кожи / Д. Л. Строяковский, Н. Х. Абдулоева, Л. В. Демидов [и др.] // Злокачественные опухоли (Malignant tumours). 2024. Т. 14. №3(s2). С.300-329. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.2-12>
6. Adjuvant nivolumab versus ipilimumab in resected stage III/IV melanoma: 5-year efficacy and biomarker results from CheckMate 238 / J. Larkin, M. Del Vecchio, M. Mandalá [et al.] // Clinical Cancer Research. 2023. Т. 29. №17. С.3352-3361. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-22-3145>
7. Seven-year analysis of adjuvant pembrolizumab versus placebo in stage III melanoma in the EORTC1325 / KEYNOTE-054 trial / A. M. Eggermont, M. Kicinski, C. U. Blank [et al.] // European Journal of Cancer. 2024. Т. 211. р. 114327. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2024.114327>
8. Федянин М. Ю. Механизмы резистентности к иммунотерапии при MSI фенотипе // Злокачественные опухоли (Malignant tumours). 2025. Т.15. №3 (s1). С. 11-30. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2025-15-3s1-11-30>
9. Targeted deletion of PD-1 in myeloid cells induces antitumor immunity / L. Strauss, M. A.A. Mahmoud, J. D. Weaver [et al.] // Science Immunology. 2020. Т. 5. №44. eaay1863. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aay1863>
10. Myeloid cell-associated resistance to PD-1/PD-L1 blockade in urothelial cancer revealed through bulk and single-cell RNA sequencing / L. Wang, J. P. Sfakianos, K. G. Beaumont [et al.] // Clin Cancer Res. 2021. Т. 27. №15. С. 4287-4300. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-20-4574>
11. Влияние варианта развития меланомы B16/F10 на содержание Bcl-2 в митохондриях клеток различных органов самок мышей / О. И. Кит, Е. М. Франциянц, И. В. Нескубина [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. 2021. Т. 20. № 3. С. 46-53. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2021-3-46-53>
12. A combined radio-immunotherapy regimen eradicates late-stage tumors in mice / A. L. Rakhmievich, N. W. Tsarovsky, M. Felder [et al.] // Frontiers in Immunology. 2024; 15: 1419773. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1419773>

13. Муразов Я. Г., Агацарская Я. В., Крышень К. Л. Особенности роста меланомы B16 у мышей C57BL/6 при использовании различных методов получения опухолевого материала и мест трансплантации сингенной опухоли // Российский биотерапевтический журнал. 2024. Т. 23. №1. С.28-36. <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2024-23-1-28-36>
14. Противоопухолевый эффект ЭМП-НЧ (5 Гц) на культуру клеток меланомы B16-F10 / И. Ю. Маклакова, О. Е. Кныш, К. А. Гаврилова [и др.] // Вестник уральской медицинской академической науки. 2025. Т. 22. № 1. С. 28-42. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2025-22-1-28-42>
15. Precise Electromagnetic Modulation of the Cell Cycle and Its Applications in Cancer Therapy / K. Shi, X. Peng, T. Xu [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. 2025. 26 (9). p. 4445. <https://doi.org/10.3390/ijms26094445>
16. Siegel R. L., Giaquinto A. N., Jemal A. Cancer statistics, 2024 // CA: Cancer Journal for Clinicians. 2024. Т.74, с. 12–49. <https://doi.org/10.3322/caac.21820>.
17. Франциянц Е. М., Шейко Е. А. Противоопухолевое действие электромагнитных полей и их влияние на боль в экспериментальной и клинической практике // Research'n Practical Medicine Journal. 2019. Т.6. №2. С. 86-99. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
18. Улащик В. С. Некоторые итоги исследования противоопухолевого действия магнитных полей в эксперименте // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2015. Т. 92. №4. С. 48-53. <https://doi.org/10.17116/kurort2015448-53>
19. Рыбаков Ю. Л., Гукасов В. М., Козлов Ю. П. Влияние низкочастотного вихревого магнитного поля на состояние системы естественной противоопухолевой резистентности организма // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 6. С. 44–50. <https://doi.org/10.12737/1024-6177-2019-64-6-44-50>
20. Тряпицина Е. В. Влияние электромагнитных полей на организм человека // Интерактивная наука. 2024. №1 (87). С. 19–21. <https://doi.org/10.21661/r-561562>.
21. Низкоэнергетическая комплексная магнитотерапия в онкологии / Ю. Л. Рыбаков, В. М. Гукасов, А. Г. Гудков [и др.] // Медицинская техника. 2017. №5. С. 52–55. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
22. A Study on Early Apoptosis of Hepatoma Bel-7402 Cells In Vitro Treated by Altering-Electric Magnetic Field Exposure of Extremely Low Frequency Combined with Magnetic Nano-Fe₃O₄ Powders / Z. Q. Chen, Wen Jian, Tu Wen Yong [et al.] // Applied Mechanics and Materials. 2013; 364: 742–48. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.364.742>
23. Влияние вихревого магнитного поля на клетки рака легкого in vitro / В. А. Порханов, Н. Г. Бахмутский, В. Н. Бодня [и др.] // Фундаментальные исследования. 2011. Т. 11. №2. С.350-353. EDN: OUIDOP
24. Nanosecond pulsed electric field inhibits proliferation and induces apoptosis in human osteosarcoma / X. Miao, S. Yin, Z. Shao [et al.] // J. Orthop Surg Res. 2015; 10: 104. <https://doi.org/10.1186/s13018-015-0247-z>
25. In vitro analysis of the anti-inflammatory effect of inhomogeneous static magnetic field-exposure on human macrophages and lymphocytes // C. Vergallo, L. Dini, Z. Szamosvölgyi [et al.] // PLoS One. 2013; 8(8): e72374. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072374>
26. Эффективность аппарата неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» для дистанционного устранения COVID-19: результаты II фазы клинических испытаний / О. В. Фатенков, И. Л. Давыдкин, А. В. Яшков [и др.] // Вестник Медицинского института непрерывного образования. 2024. Т. 4. №4. С. 25-34. https://doi.org/10.36107/2782-1714_2024-4-4-25-34.
27. Clinical trial designs for evaluating and exploiting cancer evolution / A. H. I. Garces, N. Porta, T. A. Graham [et al.] // Cancer Treatment Reviews. 2023. № 118. С. 102583. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2023.102583>
28. Radiotherapy, Lymphopenia, and Host Immune Capacity in Glioblastoma: A Potentially Actionable Toxicity Associated With Reduced Efficacy of Radiotherapy / L. Kleinberg, L. Sloan, S. Grossman, M. Lim // Neurosurgery. 2019. Vol. 85. No. 4. P. 441-453. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz198>.
29. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on the tumor cell inhibition and the possible mechanism. / J. Sun, Y. Tong, Y. Jia [et al.] // Scientific Reports. 2023. №13. С. 6989. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34144-5>
30. Pulsed Low-Frequency Magnetic Fields Induce Tumor Membrane Disruption and Altered Cell Viability / C. P. Ashdown, S. C. Johns, E. Aminov [et al.] // Biophysical Journal. 2020. № 118. С. 1552–1563. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2020.02.013>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Аистова Любовь Германовна - аспирант кафедры патологии, морфологии и физиологии, e-mail: aistovalg@sgaz.pro, <https://orcid.org/0009-0006-6643-7522>

Федорова Анастасия Олеговна* - доктор биологических наук, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии, e-mail: anfedka@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0405-0830>

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск-на-Амуре, Россия

Бондарчук Елена Владимировна - вице-президент, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4256-4274>

Галкина Екатерина Анатольевна - начальник лаборатории электробиофизических и химических исследований, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>

Ваганов Алексей Геннадьевич - кандидат медицинских наук, научный консультант, e-mail: aleksejvaganov4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8191-2551>

Научный центр АО «Концерн ГРАНИТ», Москва, Россия

MODIFYING EFFECT OF WEAK BROADBAND ELECTROMAGNETIC FIELDS (EMF) ON REDUCING THE SIZE OF B16 MELANOMA OF C57BL/6 LINE OF MICE

L. G. Aistova, A. O. Fedorova, E. V. Bondarchuk, E. A. Galkina, A. G. Vaganov

Abstract. Resistance to standard treatment regimens necessitates the search for more effective treatment regimens for skin melanoma. The aim was to study the development of B16 melanoma in C57BL/6 mice exposed to weak non-ionizing electromagnetic radiation. The experiment was conducted at Far Eastern State Agrarian University. Male mice (n=120) were intradermally injected with 1 million mouse B16 melanoma cells. The animals were divided into two groups of 60 animals each. The experimental group received daily 60-minute TOR device treatment starting on the ninth day of illness. The control group received no treatment. The experiment lasted 184 days. The animals' clinical status was assessed, tumor volume was determined and its growth index was calculated. The highest mortality peak in both groups was observed between days 26 and 31. In the experimental group, the survival rate was 3.3% compared to the control group, where 100% mortality was observed. It was found that two mice from the experimental group showed no tumor growth on days 19 and 22. The tumor volume in the control group was 3 times greater than in the experimental group on 19th day and it was 8 times greater on 27th day. The tumor growth index was lower in the experimental group. Tumor surface necrosis was observed in 78.3% of cases in the control group and 48.3% in the experimental group, with evidence of reparation. The coefficient of variation in the experimental group was 0.08, while in the control group it was significantly higher – 0.63 (33 days), indicating synchronization of tumor regression processes in different animals. Electromagnetic radiation therapy in C57BL/6 line of mice with B16 melanoma extended survival in 3.3% of mice, resulted in tumor volume reduction from days 19-22 of treatment and slowed tumor decay by 9 days.

Key words: mice, oncology, tumor, B16 melanoma, skin cancer, electromagnetic radiation, EMR, EMF, tumor growth inhibition.

For citation: Aistova L.G., Fedorova A.O., Bondarchuk E.V., Galkina E.A., Vaganov A.G. Modifying effect of weak broadband electromagnetic fields (EMF) on reducing the size of B16 melanoma of C57BL/6 line of mice. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 6-16. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_6

References

1. Malishevskaya NP, Sokolova AV, Demidov LV. [Current state of skin melanoma incidence in the Russian Federation and federal districts]. *Meditsinskiy sovet*. 2018; Vol.10. 161-165 p. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-10-161-165>
2. Kazubskaya TP, Mekheda LV, Trofimov EI. [Melanoma, molecular and biological aspects of etiopathogenesis: classification, etiology, risk factors, BRAF, NRAS mutations]. *Voprosy onkologii*. 2022; Vol.68. 6. 725-732 p. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-725-732>
3. Zherko I, Naumenko L, Zhilyaeva E. [Treatment results in patients with metastatic uveal melanoma: a retrospective monocentric study]. *Voprosy onkologii*. 2022; Vol.68. 2. 224-231 p. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-2-224-231>
4. Samkovich EV, Boyko EV, Panova IE. [Experimental and morphological substantiation of approaches to hybrid photodynamic therapy of uveal melanoma]. *Voprosy onkologii*. 2025; Vol.71. 2. 325-333 p. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2025-71-2-325-333>
5. Stroyakovskiy DL, Abduloeva NK, Demidov LV. [Skin melanoma]. *Zlokachestvennye opukholi (Malignant tumours)*. 2024; Vol.14. 3(s2). 300-329 p. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.2-12>
6. Larkin J, Del Vecchio M, Mandala M. Adjuvant nivolumab versus ipilimumab in resected stage III/IV melanoma: 5-year efficacy and biomarker results from CheckMate 238. *Clinical Cancer Research*. 2023; Vol.29. 17. 3352-3361 p. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-22-3145>
7. Eggermont AM, Kicinski M, Blank CU. Seven-year analysis of adjuvant pembrolizumab versus placebo in stage III melanoma in the EORTC1325. KEYNOTE-054 trial. *European Journal of Cancer*. 2024; Vol.211. 114327 p. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2024.114327>
8. Fedyanin MYu. [Mechanisms of resistance to immunotherapy in the MSI phenotype]. *Zlokachestvennye opukholi (Malignant tumours)*. 2025; Vol.15. 3 (s1). 11-30 p. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2025-15-3s1-11-30>
9. Strauss L, Mahmoud MAA, Weaver JD. Targeted deletion of PD-1 in myeloid cells induces antitumor immunity. *Science Immunology*. 2020; Vol.5. 44. eaay1863. <https://doi.org/10.1126/sciimmunol.aay1863>
10. Wang L, Sfakianos JP, Beaumont KG. Myeloid cell-associated resistance to PD-1/PD-L1 blockade in urothelial cancer revealed through bulk and single-cell RNA sequencing. *Clin Cancer Res*. 2021; Vol.27. 15. 4287-4300 p. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-20-4574>
11. Kit OI, Frantsiyants EM, Neskubina IV. [The effect of B16/F10 melanoma development variant on Bcl-2 content in mitochondria of cells from various organs of female mice]. *Byulleten sibirskoy meditsiny*. 2021; Vol.20. 3. 46-53 p. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2021-3-46-53>
12. Rakhmilevich AL, Tsarovskiy NW, Felder M. A combined radio-immunotherapy regimen eradicates late-stage tumors in mice. *Frontiers in Immunology*. 2024; 15. 1419773. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1419773>
13. Murazov YaG, Agatsarskaya YaV, Kryshen KL. [Features of B16 melanoma growth in C57BL/6 mice using different methods of obtaining tumor material and syngeneic tumor transplantation sites]. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal*. 2024; Vol.23. 1. 28-36 p. DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2024-23-1-28-36>
14. Maklakova IYu, Knysh OE, Gavrilova KA. [Antitumor effect of LF EMF (5 Hz) on B16-F10 melanoma cell culture]. *Vestnik Uralskoy meditsinskoy akademicheskoy nauki*. 2025; Vol.22. 1. 28-42 p. <https://doi.org/10.22138/2500-0918-2025-22-1-28-42>
15. Shi K, Peng X, Xu T. Precise electromagnetic modulation of the cell cycle and its applications in cancer therapy. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025; 26 (9). 4445 p. <https://doi.org/10.3390/ijms26094445>
16. Siegel RL, Giaquinto AN, Jemal A. Cancer statistics, 2024. *CA: Cancer Journal for Clinicians*. 2024; Vol.74. 12-49 p. <https://doi.org/10.3322/caac.21820>
17. Frantsiyants EM, Sheyko EA. [Antitumor effect of electromagnetic fields and their influence on pain in experimental and clinical practice]. *Research'n practical medicine journal*. 2019; Vol.6. 2. 86-99 p. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
18. Ulashchik VS. [Some results of the study of the antitumor effect of magnetic fields in the experiment]. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoy fizicheskoy kultury*. 2015; Vol.92. 4. 48-53 p. <https://doi.org/10.17116/kurort2015448-53>
19. Rybakov YuL, Gukasov VM, Kozlov YuP. [Influence of low-frequency vortex magnetic field on the state of the

- body's natural antitumor resistance system]. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost*. 2019; Vol.64. 6. 44-50 p. <https://doi.org/10.12737/1024-6177-2019-64-6-44-50>
20. Tryapitsina EV. [The influence of electromagnetic fields on the human body]. *Interaktivnaya nauka*. 2024; 1 (87). 19-21 p. <https://doi.org/10.21661/r-561562>.
21. Rybakov YuL, Gukasov VM, Gudkov AG. [Low-energy complex magnetic therapy in oncology]. *Meditsinskaya tekhnika*. 2017; 5. 52-55 p. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
22. Chen ZQ, Wen Jian, Tu Wen Yong. A study on early apoptosis of hepatoma Bel-7402 cells in vitro treated by altering-electric magnetic field exposure of extremely low frequency combined with magnetic Nano-Fe₃O₄ Powders. *Applied Mechanics and Materials*. 2013; 364. 742-48 p. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.364.742>
23. Porkhanov VA, Bakhmutskiy NG, Bodnya VN. [Effect of vortex magnetic field on lung cancer cells in vitro]. *Fundamentalnye issledovaniya*. 2011; Vol.11. 2. 350-353 p. EDN: OUIDOP
24. Miao X, Yin S, Shao Z. Nanosecond pulsed electric field inhibits proliferation and induces apoptosis in human osteosarcoma. *J. Orthop Surg Res*. 2015; 10. 104. <https://doi.org/10.1186/s13018-015-0247-z>
25. Vergallo S, Dini L, Szamosvolgyi Z. In vitro analysis of the anti-inflammatory effect of inhomogeneous static magnetic field-exposure on human macrophages and lymphocytes. *PLoS One*. 2013; 8(8). e72374 p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072374>
26. Fatenkov OV, Davydkin IL, Yashkov AV. [Efficiency of the non-invasive electromagnetic therapy device "TOR" for remote elimination of COVID-19: results of phase II clinical trials]. *Vestnik Meditsinskogo instituta nepre-ryvno obrazovaniya*. 2024; Vol.4. 4. 25-34 p. https://doi.org/10.36107/2782-1714_2024-4-4-25-34.
27. Garces AH, Porta N, Graham TA. Clinical trial designs for evaluating and exploiting cancer evolution. *Cancer Treatment Reviews*. 2023; No.118. 102583 p. <https://doi.org/10.1016/j.ctrv.2023.102583>
28. Kleinberg L, Sloan L, Grossman S, Lim M. Radiotherapy, lymphopenia, and host immune capacity in glioblastoma: a potentially actionable toxicity associated with reduced efficacy of radiotherapy. *Neurosurgery*. 2019; Vol.85. No.4. 441-453 p. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz198>.
29. Sun J, Tong Y, Jia Y. Effects of extremely low frequency electromagnetic fields on the tumor cell inhibition and the possible mechanism. *Scientific Reports*. 2023; No.13. 6989. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-34144-5>
30. Ashdown CP, Johns SC, Aminov E. Pulsed low-frequency magnetic fields induce tumor membrane disruption and altered cell viability. *Biophysical Journal*. 2020; No.118. 1552-1563 p. <https://doi.org/10.1016/j.bpj.2020.02.013>

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Aistova Lyubov Germanovna - post-graduate student of Pathology, Morphology and Physiology Department, e-mail: aistovalg@sgaz.pro, <https://orcid.org/0009-0006-6643-7522>

Fedorova Anastasiya Olegovna* - Doctor of Biological Sciences, Professor of Pathology, Morphology and Physiology Department, e-mail: anfedka@list.ru, <https://orcid.org/0009-0003-0405-0830>

Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia.

Bondarchuk Elena Vladimirovna - Vice President, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0004-4256-4274>

Galkina Ekaterina Anatolevna - Head of Laboratory of Electrobiophysical and Chemical Research, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>

Vaganov Aleksey Gennadevich - Ph.D. of Medical Sciences, scientific consultant, e-mail: aleksejvaganov4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8191-2551>

Scientific Center of JSC Concern GRANIT, Moscow, Russia.

**ВЕНЫ ТАЗА И ТАЗОВОЙ КОНЕЧНОСТИ БАЙКАЛЬСКОЙ НЕРПЫ
(*PUSA SIBIRICA* GMELIN, 1788)****И. В. Аникиенко**

Реферат. В статье описаны особенности венозной васкуляризации органов тазовой полости и тазовой конечности байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788). У байкальской нерпы кровь от таза и тазовой конечности собирается в тазовый коллектор. В его формировании принимают участие анастомозирующие между собой внутренние и наружная подвздошные вены, вливающиеся в правый и левый стволы каудальной полой вены. Кроме того, в образовании тазового коллектора принимают участие париетальные и висцеральные вены таза (краниальная ягодичная вена, каудальная ягодичная вена, запирательная вена, подвздошно-поясничная вена, внутренняя срамная вена и прямокишечные вены), а также вены, осуществляющие венозный отток от тазовой конечности (передняя большеберцовая вена, задняя большеберцовая вена и вена сафена). Хвостовая вена при впадении в тазовый коллектор соединяется с запирательными венами, образуя анастомоз над мочевым пузырем между правой и левой сторонами тазового коллектора. Особенностью венозной васкуляризации тазовой конечности нерпы является венозное сплетение заплюснегового сустава, от которого берут начало передняя и задняя большеберцовые вены и вена сафена. В дистальной трети голени указанные вены формируют венозную сеть голени. Отток крови из нее осуществляется передней и задней большеберцовыми венами в тазовый коллектор. Поверхностная вена сафена у байкальской нерпы развита слабо, она следует по дорсолатеральной поверхности и вливается в глубокую вену сафена. Глубокая вена сафена на дорсальной поверхности связана анастомозами с эпидуральной веной, венами поясничного и тазового коллекторов. Указанные особенности венозных магистралей таза и тазовой конечности байкальской нерпы показывают высокую степень адаптации ее организма к водному образу жизни.

Ключевые слова: байкальская нерпа, вена сафена, передняя большеберцовая вена, задняя большеберцовая вена, тазовый венозный коллектор.

Для цитирования: Аникиенко И.В. Вены таза и тазовой конечности байкальской нерпы (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788) // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С.17-24. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_17

Введение. Вены не только участвуют в возврате крови к сердцу, транспорте метаболитов, гормонов, но и выполняют емкостную и дренажную функции. Кроме того, венозная система имеет функционально-анатомическую связь с опорно-двигательным аппаратом, как было показано при анализе морфометрических показателей вен грудной конечности соболей разного возраста [1].

Венозный отток от органов тазовой полости серебристо-черных лисиц и голубого песца сходен с таковым большинства хищников, хотя и имеет топографо-анатомические и морфометрические особенности [2]. Важно отметить, что ход и ветвление венозных сосудов имеют внутривидовые варианты ветвления, так, например, отмечены отличия экстраорганных вен органов мочеотделения у самок песцов [3]. Особенности вен тазовой конечности рыси евразийской являются наличие множества венозных анастомозов и соединительных ветвей между магистральными коллекторами [4]. Вены тазовой конечности собак были исследованы при помощи спиральной компьютерной томографии [5]. У кошек вены таза и тазовой конечности были исследованы при помощи современных методов компьютерной томографической ангиографии и магнитно-резонансной ангиографии. Их результаты были соотнесены с результатами анатомического препарирования, что позволило создать трехмерные модели венозной системы кошек [6, 7]. Поскольку данные методы визуализации сосудов являются неинвазив-

ными, они применимы для исследования живых животных, в том числе для клинических целей [8]. В литературе были описаны такие аномалии венозной системы кошек как периферические артериовенозные фистулы, а также двойная каудальная полая вена кошек [9,10].

У млекопитающих способных к погружению вены имеют расширения, синусы (пазухи), а также формируют сплетения и венозные коллекторы. Последние отличаются от сплетений тем, что формируются слиянием неравномерно расширенных вен, собирающих кровь от мышц и внутренних органов. Венозная система таза и тазовых конечностей китообразных имеет особенности, связанные с адаптацией к водному образу жизни, такие как наличие терморегулирующих венозных сплетений и мощные эпидуральные вены [11]. У ряда представителей настоящих тюленей (хохлача, кольчатой нерпы, обыкновенного, длинномордого и гренландских тюленей) также были обнаружены сосудистые анастомозы между венами дистальной части задней конечности и таза, участвующие в теплообмене [12]. В то же время данные о венах таза и тазовой конечности единственного эндемика среди млекопитающих озера Байкал – байкальской нерпы немногочисленны и требуют уточнения. Указанные данные необходимы для диагностики и лечения необычного пациента ветеринарных клиник.

В связи с чем целью настоящего исследования явилось изучение хода и ветвле-

ния вен тазовой конечности и таза байкальской нерпы.

Условия, материалы и методы. Исследования проводились в рамках научных программ кафедры морфологии животных и ветеринарной санитарии Иркутского ГАУ («Изучение морфогенеза органов, а также инфекционных патологий организма байкальской нерпы на 2015 г.»; НИОКР № 114121670040 «Морфогенез органов байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin, 1798) в различные периоды онтогенеза»; НИОКТР № АААА-А17-117051110190-5 «Морфогенез органов байкальской нерпы (*Phoca sibirica* Gmelin, 1798) в различные периоды онтогенеза»; НИОКТР № АААА-А20-120090890004-7 «Морфогенез органов байкальской нерпы в различные периоды онтогенеза в норме и при патологии»).

Добыча (вылов) байкальской нерпы проводилась капроновыми сетями с крупными ячейками по разрешениям на добычу в научно-исследовательских целях № 032015031172 (2015 г.), № 032021031373 (2021 г.) и № 0320220311974 (2022 г.) в озере Байкал в административных границах Республики Бурятия. Кроме того, изучались погибшие особи байкальской нерпы со всей акватории озера Байкал, доставленные на кафедру для установления причины смерти. Вены были исследованы у новорожденных нерп ($n=4$, 1-2 дня), бель-

ков ($n=4$, 2-3 недели), сеголеток ($n=10$, до 1 года), неполовозрелых особей ($n=10$, от 1 года – до 4-х лет), а также у половозрелых особей ($n=10$, старше 4-х лет).

Для изучения архитектоники вен тазовой конечности и таза байкальской нерпы применяли метод анатомического препарирования. Чтобы улучшить визуализацию вен и облегчить препарирование, проводили предварительное введение в венозное русло полиуретановой пены. Для получения коррозионных препаратов ткани органов удаляли концентрированной щелочью NaOH (ЗАО «Реактив», Россия) с последующей промывкой проточной водой.

Диаметр вен измеряли при помощи цифрового штангенциркуля Shahe 5422-200 (Китай). Статистическую обработку результатов проводили с помощью статистического пакета программ «Statistica 12.0», данные представлены в виде средней арифметической $\pm$ стандартная ошибка среднего.

Результаты и обсуждение. У байкальской нерпы магистральными венозными сосудами, собирающими кровь от органов тазовой полости и тазовой конечности, являются внутренняя и наружная подвздошные вены правой и левой сторон. Максимальные диаметры внутренней и наружной подвздошных вен отмечались у половозрелых нерп (табл. 1).

Таблица 1 – Диаметры наружной и внутренней подвздошных вен байкальской нерпы разного возраста, мм

Венозные сосуды	Диаметр вен справа	Диаметр вен слева
Новорожденные		
Внутренняя подвздошная вена	$3,17 \pm 0,59$	$3,91 \pm 0,86$
Наружная подвздошная вена	$4,29 \pm 0,62$	$4,13 \pm 0,93$
Бельки		
Внутренняя подвздошная вена	$5,96 \pm 0,47^*$	$7,00 \pm 0,64^{*r}$
Наружная подвздошная вена	$7,39 \pm 0,79^*$	$7,78 \pm 0,61^*$
Сеголетки		
Внутренняя подвздошная вена	$10,18 \pm 0,94^{*m}$	$11,29 \pm 0,41^{*m}$
Наружная подвздошная вена	$11,41 \pm 0,46^{*m}$	$13,31 \pm 0,39^{*mr}$
Неполовозрелые нерпы		
Внутренняя подвздошная вена	$10,99 \pm 0,34^{*m}$	$11,73 \pm 0,36^{*mr}$
Наружная подвздошная вена	$15,71 \pm 0,45^{*mk}$	$16,05 \pm 0,48^{*mkr}$
Половозрелые нерпы		
Внутренняя подвздошная вена	$18,73 \pm 0,84^{*mkn}$	$20,12 \pm 0,98^{*mknr}$
Наружная подвздошная вена	$23,41 \pm 0,71^{*mkn}$	$23,96 \pm 0,72^{*mknr}$

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у новорожденных нерп; m – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у бельков; k – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у сеголеток; n – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у неполовозрелых нерп; r – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с сосудами правой стороны

Как видно по данным таблицы 1, асимметрия внутренней подвздошной вены правой и левой сторон отмечалась у бельков, неполовозрелых и половозрелых нерп, а наружной подвздошной вены у сеголеток, неполовозре-

лых и половозрелых нерп. Кровь из указанных сосудов вливается соответственно в правый и левый стволы каудальной полой вены. При этом у байкальской нерпы наружная и внутренняя подвздошные вены по своему ходу

анастомозируют как между собой, так и с париетальными и висцеральными венами, формируя тазовый коллектор.

Кровь от ягодичной группы разгибателей, двуглавой мышцы бедра, а также от запирательных и подвздошно-поясничных мышц собирается в корни париетальных вен: крадильную ягодичную вену, каудальную яго-

дичную вену, запирательную вену и подвздошно-поясничную вену. Запирательная вена байкальской нерпы мощная и следует по контуру тазовых костей, собирая множественными корнями кровь с наружной и внутренней запирательных мышц, а также с мышц, крепящихся к лонным и седалищным костям (рис. 1).

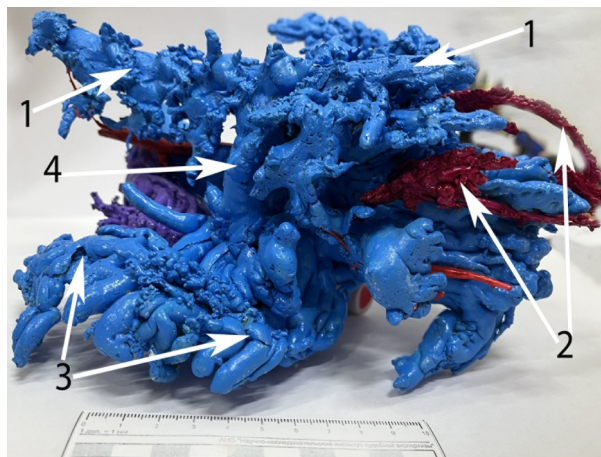


Рисунок 1 – Вены таза и каудальная часть эпидуральной вены половозрелой особи байкальской нерпы (коррозионный препарат): 1 – каудальная часть эпидуральной вены; 2 – запирательные вены; 3 – ветви поясничного коллектора; 4 – анастомоз поясничного коллектора с эпидуральной веной

В запирательную вену байкальской нерпы также вливаются висцеральные вены: внутренняя срамная вена (осуществляет венозный отток от мочевого пузыря, у самцов также с предстательной железой и полового члена, а у самок с матки) и прямокишечные

вены (рис. 2).

Хвостовая вена соединяется с запирательными венами и формирует анастомоз над мочевым пузырем между правой и левой половинами венозного коллектора таза (рис. 3).

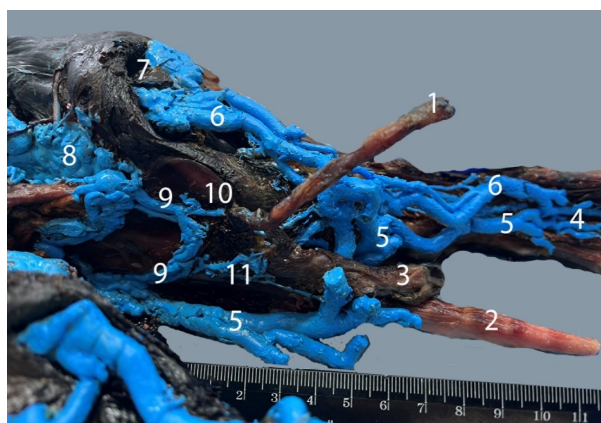


Рисунок 2 – Вены таза и тазовой конечности сеголетка байкальской нерпы (инъекция вен полиуретановой пеной): 1 – пенис; 2 – хвост; 3 – прямая кишка; 4 – плантарные плюсневые вены; 5 – глубокая вена сафена; 6 – задняя большеберцовая вена; 7 – семенник; 8 – тазовый коллектор; 9 – запирательная вена; 10 – внутренняя срамная вена; 11 – прямокишечные вены

Тазовый венозный коллектор также собирает кровь от тазовой конечности (ласты). Венозный отток от ласт нерпы начинается десятью пальцевыми венами, лежащими под кожей в соединительной ткани перепонки и проходящими по плантарной поверхности (рис. 4). В лапах байкальской нерпы подкожная жировая клетчатка практически отсутствует, за исключением жировых складок вдоль первого и пятого пальцев.

Пальцевые вены окружают латерально и медиально фаланги пальцев и по своему ходу собирают кровь как от пальцев, так и от перепонки ласт. В области плюсны они объединяются в четыре плюсневые плантарные вены.

На уровне дистального ряда костей заплюсны плюсневые плантарные вены анастомозируют, образуя венозное сплетение заплюсневого сустава.

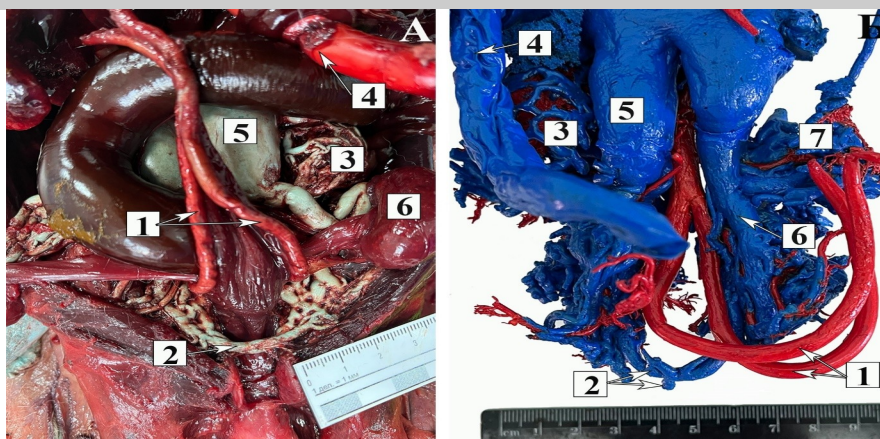


Рисунок 3 – Вены стволов каудальной полой вены новорожденных нерп (А – препарирование с предварительной инъекцией сосудов полиуретановой пеной, Б – коррозионный препарат). А: 1 – пупочные артерии; 2 – венозный анастомоз; 3 – венозное сплетение почек; 4 – пупочная вена; 5 – левый ствол каудальной полой вены; 6 – яичник. Б: 1 – пупочные артерии; 2 – венозный анастомоз с хвостовой веной; 3 – венозное сплетение почек; 4 – пупочная вена; 5 – правый

Кроме указанных сосудов, в данном сплетении участвуют дорсально расположенные по отношению к нему тонкие вены, собирающие кровь с проксимального отдела плюсны и окружающие плюсовые артерии. Эти вены

следуют далее по плантарной поверхности тазовой конечности, оплетая основные артериальные магистрали и объединяются в переднюю большеберцовую вену, вливающуюся в тазовый коллектор.

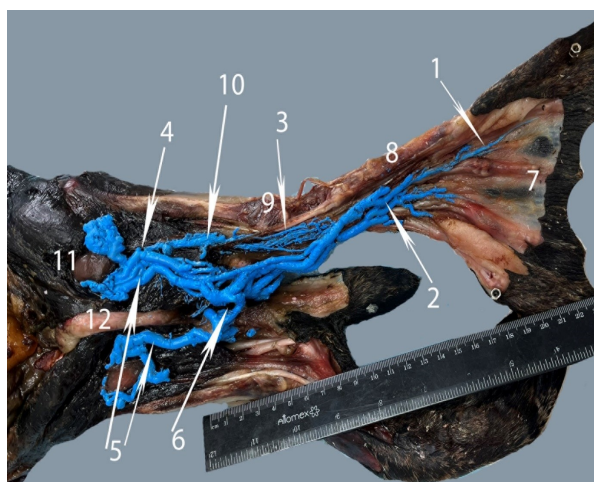


Рисунок 4 – Вены тазовой конечности неполовозрелой байкальской нерпы (инъекция полиуретановой пеной): 1 – плантарная пальцевая вена; 2 – плантарная плюсовая вена; 3 – венозное сплетение; 4 – ветви задней большеберцовой вены; 5 – задняя большеберцовая вена; 6 – венозный анастомоз; 7 – пальцы; 8 – плюсна; 9 – заплюсневый сустав; 10 – передняя большеберцовая вена; 11 – семенник; 12 – пенис

Диаметр передней большеберцовой вены справа имел максимальное значение у половозрелых нерп, с левой стороны диаметр вены был одинаков у неполовозрелых и половозрелых нерп (табл. 2).

Задняя большеберцовая вена берет начало из венозной сети заплюсневых суставов и по своему ходу образует анастомозы с передней большеберцовой веной.

У самцов байкальской нерпы в заднюю большеберцовую вену вливаются вены, собирающие кровь от семенников и оплетающие их вокруг. Мы полагаем, что, как и у других представителей настоящих тюленей, у байкальской нерпы холодная кровь ласт способствует охлаждению семенников, препятствуя

их перегреву. Далее задняя большеберцовая вена нерпы, как и передняя большеберцовая вена, входит в тазовый венозный коллектор. Диаметр задней большеберцовой вены с левой стороны был максимальным у половозрелых нерп, а с правой – у неполовозрелых и половозрелых нерп (табл. 2).

Глубокая вена сафена байкальской нерпы берет начало также из венозной сети заплюсневых суставов и образуется слиянием нескольких ветвей сплетения (рис. 2). В начале она следует по плантарной поверхности заплюсневых суставов и голени, ее диаметр у половозрелых нерп справа и слева увеличился в 4 раза в сравнении с новорожденными (табл. 2).

ВЕТЕРИНАРИЯ

Таблица 2 – Морфометрические показатели вен тазовой конечности байкальской нерпы в возрастном аспекте, мм

Венозные сосуды	Диаметр вен справа	Диаметр вен слева
Новорожденные		
Передняя большеберцовая вена	1,33 ± 0,18	1,34 ± 0,24
Задняя большеберцовая вена	1,45 ± 0,20	1,46 ± 0,26
Глубокая вена сафена: на плантарной поверхности	1,99 ± 0,31	2,01 ± 0,40
на дорсальной поверхности	2,99 ± 0,41	3,01 ± 0,54
Поверхностная вена сафена	1,52 ± 0,21	1,53 ± 0,28
Бельки		
Передняя большеберцовая вена	2,28 ± 0,20 *	2,33 ± 0,14 *
Задняя большеберцовая вена	2,49 ± 0,23 *	2,57 ± 0,17 *
Глубокая вена сафена: на плантарной поверхности	3,44 ± 0,45 *	3,53 ± 0,33 *
на дорсальной поверхности	5,07 ± 0,46 *	5,22 ± 0,29 *
Поверхностная вена сафена	2,63 ± 0,23 *	2,71 ± 0,18 *
Сеголетки		
Передняя большеберцовая вена	3,59 ± 0,15 * ^м	3,80 ± 0,12 * ^м
Задняя большеберцовая вена	3,89 ± 0,16 * ^м	4,14 ± 0,11 * ^м
Глубокая вена сафена: на плантарной поверхности	5,21 ± 0,23 * ^м	5,63 ± 0,12 * ^м
на дорсальной поверхности	8,13 ± 0,35 * ^м	8,59 ± 0,29 * ^м
Поверхностная вена сафена	4,08 ± 0,17 * ^м	4,34 ± 0,12 * ^м
Неполовозрелые нерпы		
Передняя большеберцовая вена	4,90 ± 0,18 * ^{м к}	4,67 ± 0,40 * ^{м к}
Задняя большеберцовая вена	5,33 ± 0,18 * ^{м к}	5,41 ± 0,17 * ^{м к}
Глубокая вена сафена: на плантарной поверхности	7,24 ± 0,20 * ^{м к}	7,36 ± 0,21 * ^{м к}
на дорсальной поверхности	11,04 ± 0,42 * ^{м к}	11,20 ± 0,40 * ^{м к}
Поверхностная вена сафена	5,59 ± 0,19 * ^{м к}	5,67 ± 0,18 * ^{м к}
Половозрелые нерпы		
Передняя большеберцовая вена	7,33 ± 0,98 * ^{т к п}	5,45 ± 0,10 * ^{т к}
Задняя большеберцовая вена	5,71 ± 0,15 * ^{т к}	5,94 ± 0,11 * ^{т к п r}
Глубокая вена сафена: на плантарной поверхности	7,95 ± 0,26 * ^{т к п}	8,11 ± 0,26 * ^{т к п}
на дорсальной поверхности	12,07 ± 0,24 * ^{т к п}	12,25 ± 0,25 * ^{т к п}
Поверхностная вена сафена	6,11 ± 0,12 * ^{т к п}	6,23 ± 0,12 * ^{т к п}

Примечание: * – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у новорожденных нерп; т – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у бельков; к – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у сеголеток; п – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с показателями у неполовозрелых нерп; r – $p < 0,05$ достоверность различий по сравнению с сосудами правой стороны

Глубокая вена сафена, передняя и задняя большеберцовые вены в дистальной трети голени формируют венозную сеть голени, в которую вливается кровь от мышц плантарной и медиальной поверхностей голени и от приводящей мышцы. Отток крови из указанной сети осуществляется передней и задней большеберцовыми венами в тазовый коллектор.

На уровне второго хвостового позвонка глубокая вена сафена направляется к хвосту и следует по его латеральной поверхности (рис. 5). Как видно из данных таблицы 2 диаметр сосуда в указанном участке значительно увеличивается во всех возрастных группах. Глубокая вена сафена связана анастомозами с эпидуральной веной, венами поясничного и тазового коллекторов (рис. 1, 5).

Наличие таких анастомозов позволяет перераспределять кровь, что является важным анатомо-физиологическим приспособлением к глубоководному погружению у байкальской нерпы.

Важно отметить, что эпидуральная (внутрипозвоночная) вена байкальской нерпы занимает значительную часть позвоночного канала, располагаясь дорсально над спинным мозгом [13]. Большой объем сосудов (в 22-35 раз больше, чем объем спинного мозга) в позвоночном канале также был отмечен у китообразных способных к глубоководному погружению (афалин, обыкновенных дельфинов), у дельфинов, ныряющих неглубоко (карликовых кашалотов, антильских ремнезубов, настоящих клюворылов) данное соотношение было меньше (в 6-10 раз) [14].

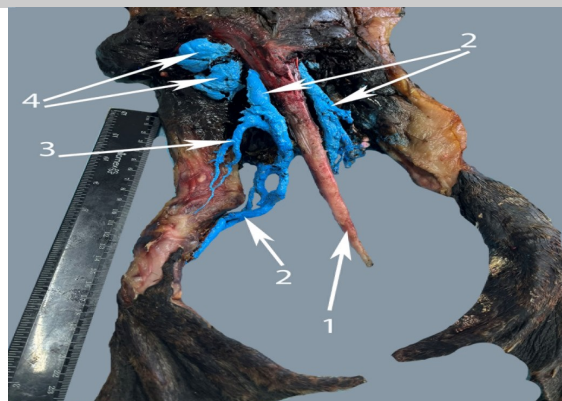


Рисунок 5 – Поверхностная и глубокая вены сафена неполовозрелой байкальской нерпы (инъекция полиуретановой пеной): 1 – хвост; 2 – глубокая вена сафена; 3 – поверхностная вена сафена; 4 – вены тазового коллектора

Также развитая внутрипозвоночная вена была описана у ленивцев (*Choloepus didactylus*), указанная вена сообщается с почечными венами и венами тазовых конечностей. Необходимость таких анастомозов связана с необходимостью венозного оттока от почек и тазовых конечностей из-за уникального метаболизма и позы ленивцев в состоянии покоя, отличающейся от позы большинства видов [15]. Таким образом, литературные данные подтверждают важную роль венозных анастомозов с развитой эпидуральной веной, участвующих в перераспределении крови и обеспечении венозного оттока от внутренних органов.

У байкальской нерпы из венозной сети заплюсны на дорсолатеральную поверхность лапы выходит поверхностная вена сафена, разделяющаяся в области таранного сустава и объединяющаяся на уровне второго хвостового позвонка в один сосуд. Пройдя небольшое расстояние, поверхностная вена сафена несколькими ветвями вливается в глубокую вену сафена. Поверхностная вена сафена меньше по диаметру глубокой вены сафена (табл. 2).

Выводы. У байкальской нерпы внутренняя и наружная подвздошные вены правой и левой сторон собирают кровь от органов тазовой полости и тазовых конечностей в стволы соответствующих сторон каудальной полой вены. Внутренняя и наружная подвздошные

вены анастомозируют между собой и участвуют в образовании тазового коллектора. Диаметр указанных сосудов увеличивается с возрастом нерп.

В тазовом коллекторе также принимают участие париетальные и висцеральные вены таза, а также вены, собирающие кровь с тазовой конечности. Хвостовая вена при впадении в тазовый коллектор соединяется с запирательными венами и формирует мощный анастомоз над мочевым пузырем между правой и левой половинами венозного коллектора таза.

Особенностью венозной васкуляризации тазовой конечности нерпы является наличие венозного сплетения заплюсневого сустава, от которого берут начало три магистральных сосуда: передняя большеберцовая вена, задняя большеберцовая вена и вена сафена. В дистальной трети голени указанные вены формируют венозную сеть голени, в которую вливается кровь от мышц голени и приводящей мышцы. Отток крови из указанной сети осуществляется передней и задней большеберцовыми венами в тазовый коллектор. Поверхностная вена сафена у байкальской нерпы развита слабо, она также выходит из венозного сплетения заплюсневого сустава на дорсолатеральную поверхность, в последствии вливается в глубокую вену сафена. Глубокая вена сафена на дорсальной поверхности связана анастомозами с эпидуральной веной, венами поясничного и тазового коллекторов.

Литература

1. Чумаченко Б. В., Щипакин М. В., Зеленевский Н. В. Венозная архитектура грудной конечности соболя черной пушкинской породы в возрастном аспекте // Иппология и ветеринария. 2025. № 2(56). С. 91-99. <https://doi.org/10.52419/2225-1537/2025.2.91-99>. EDN: ERJBSP.
2. Теленков В. Н., Хонин Г. А., Приступа О. А. Вены и сфинктерные системы органов мочеполового аппарата пушных зверей // Вестник Омского ГАУ. 2020. №4(40). С. 110-117. EDN: ZGXMNE.
3. Щипакин М. В., Былинская Д. С., Мельников С. И. Ход и ветвление экстраорганных вен органов мочеотделения у песца // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 2. С. 224-229. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.224>. EDN: PPZEYP.
4. Былинская Д. С. Архитектоника венозной системы тазовой конечности рыси евразийской // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2014. № 4. С. 148-150. EDN: TGPZSL.
5. Besuden K. T., Meyer-Lindenberg A., Brühshwein A. Computed tomography venography description of the normal anatomy of the canine hindlimb venous system // Anatomia, Histologia, Embryologia. 2022. Vol. 51. P. 459-467. <https://doi.org/10.1111/ahe.12806>.
6. Sectional anatomic and tomographic study of the feline abdominal cavity for obtaining a three-dimensional vascular model / D. Rojo, J. M. Vázquez, C. Sánchez [et al.] // Iranian Journal of Veterinary Research. 2020. Vol. 21(4). P. 279-286. PMID: 33584840. PMCID: PMC7871740.

7. Anatomical and three-dimensional study of the female feline abdominal and pelvic vascular system using dissections, computed tomography angiography and magnetic resonance angiography / D. Rojo Ríos, G. Ramírez Zarzosa, M. Soler Laguía [et al.] // Veterinary Sciences. 2023. Vol. 10(704). P. 1-22. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120704>.
8. Yitbarek D., Dagnaw G. G. Application of advanced imaging modalities in veterinary medicine: a review // Veterinary Medicine: Research and Reports. 2022. Vol. 13. P. 117-130. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S367040>.
9. Successful diagnosis and treatment of a pelvic limb arteriovenous fistula in a cat / M. Vagney, C. Poncet, E. Le Masne [et al.] // Revue de medecine veterinaire. 2018. Vol. 169 (1-3). P. 24-29.
10. Korim F., Kuricova M., Eberlova L. Anatomical characteristics of duplicated caudal vena cava in cats – a case report // Animals. 2023. Vol. 13(10). P. 1585-1595. <https://doi.org/10.3390/ani13101585>.
11. Ponganis P. J., McDonald B. I. Cardiovascular physiology in dolphins and other cetaceans // The Physiology of Dolphins. 2024. Chapter 5. P. 77-105. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90516-9.00011-7>.
12. Venous structures associated with thermoregulation of phocid seal reproductive organs / S. A. Rommel, G. A. Early, K. A. Matassa [et al.] // Anatomical Record. 1995. Vol. 243(3). P. 390-402. <https://doi.org/10.1002/ar.1092430314>.
13. Аникиенко И. В. Эпидуральная вена байкальской нерпы (*Pusa sibirica*, Phocidae) // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2025. № 2(58). С. 71-77. EDN: NNEOMU.
14. Comparative morphology of the spinal cord and associated vasculature in shallow versus deep diving cetaceans / C. E. Rowlands, W. A. McLellan, S. A. Rommel [et al.] // Journal of Morphology. 2021. Vol. 282. P. 1415-1431. <https://doi.org/10.1002/jmor.21395>.
15. Evolutionary Specializations in the Venous Anatomy of the Two-Toed Sloth (*Choloepus didactylus*): Insights from CT-scan 3D Reconstructions / P. Martre, B. Mulot, E. Roussel [et al.] // Animals. 2024. Vol. 14. P. 1768-1780. <https://doi.org/10.3390/ani14121768>.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторе:

Аникиенко Инна Викторовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии животных и ветеринарной санитарии, e-mail: babushcinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7358-7699>
Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, пос. Молодежный, Россия

VEINS OF PELVIS AND PELVIC LIMB OF BAIKAL SEAL (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788)

I. V. Anikienko

Abstract. The article describes the characteristics of venous vascularization of pelvic organs and pelvic limb of Baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788). The blood from pelvis and pelvic limb is collected in a pelvic collector of Baikal seal. This collector is formed by the anastomosing internal and external iliac veins, which drain into the right and left trunks of the caudal vena cava. In addition, the parietal and visceral veins of the pelvis (cranial gluteal vein, caudal gluteal vein, obturator vein, iliofemoral vein, internal pudendal vein and rectal veins) participate in the formation of the pelvic collector, as do veins providing venous outflow from the pelvic limb (anterior tibial vein, posterior tibial vein, and saphenous vein). The caudal vein, upon entering the pelvic collector, joins with the obturator veins, forming an anastomosis above the bladder between the right and left sides of the pelvic collector. A distinctive feature of the venous vascularization of the seal's pelvic limb is the venous plexus of the tarsal joint, from which the anterior and posterior tibial veins and the saphenous vein originate. In the distal third of the leg, these veins form the venous network of the leg. Blood drains from the pelvis via the anterior and posterior tibial veins into the pelvic collector. The superficial saphenous vein is poorly developed in Baikal seal; it runs along the dorsolateral surface and joins the deep saphenous vein. The deep saphenous vein anastomoses on its dorsal surface with the epidural vein and the veins of the lumbar and pelvic collectors. These features of the venous arteries of the pelvis and pelvic limb of Baikal seal demonstrate a high degree of adaptation to an aquatic lifestyle.

Key words: Baikal seal, saphenous vein, anterior tibial vein, posterior tibial vein, pelvic venous collector.

For citation: Anikienko I.V. Veins of pelvis and pelvic limb of Baikal seal (*Pusa sibirica* Gmelin, 1788). Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265 (1). p. 17-24. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_17

References

1. Chumachenko BV, Shchipakin MV, Zelenevskiy NV. [Venous architectonics of the thoracic limb of Black Pushkin sable in the age aspect]. Ippologiya i veterinariya. 2025; 2(56). 91-99 p. <https://doi.org/10.52419/2225-1537/2025.2.91-99>. EDN: ERJBSP.
2. Telenkov VN, Khonin GA, Pristupa OA. [Veins and sphincter systems of the genitourinary organs of fur animals]. Vestnik Omskogo GAU. 2020; 4(40). 110-117 p. EDN: ZGXMNE.
3. Shchipakin MV, Bylinskaya DS, Melnikov SI. [The course and branching of extraorgan veins of the urinary organs in the Arctic fox]. Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. 2023; 2. 224-229 p. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.2.224>. EDN: PPZEYP.
4. Bylinskaya DS. [Architectonics of the venous system of pelvic limb of the Eurasian lynx]. Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii. 2014; 4. 148-150 p. EDN: TGPZSL.
5. Besuden KT, Meyer-Lindenberg A, Bruhschwein A. Computed tomography venography description of the normal anatomy of the canine hindlimb venous system. Anatomia, Histologia, Embryologia. 2022; Vol. 51. 459-467 p. <https://doi.org/10.1111/ahe.12806>.
6. Rojo D, Vazquez JM, Sanchez C. Sectional anatomic and tomographic study of the feline abdominal cavity for obtaining a three-dimensional vascular model. Iranian Journal of Veterinary Research. 2020; Vol. 21(4). 279-286 p. PMID: 33584840. PMCID: PMC7871740.
7. Rojo Rios D, Ramirez Zarzosa G, Soler Laguia M. Anatomical and three-dimensional study of the female feline abdominal and pelvic vascular system using dissections, computed tomography angiography and magnetic resonance angiography. Veterinary Sciences. 2023; Vol. 10(704). 1-22 p. <https://doi.org/10.3390/vetsci10120704>.
8. Yitbarek D, Dagnaw GG. Application of advanced imaging modalities in veterinary medicine: a review

- Veterinary Medicine: Research and Reports. 2022; Vol. 13. 117-130 p. <https://doi.org/10.2147/VMRR.S367040>.
9. Vagny M, Poncet C, Masne ELe. Successful diagnosis and treatment of a pelvic limb arteriovenous fistula in a cat. *Revue de medecine veterinaire*. 2018; Vol. 169 (1-3). 24-29 p.
 10. Korim F, Kuricova M, Eberlova L. Anatomical characteristics of duplicated caudal vena cava in cats – a case report. *Animals*. 2023; Vol.13(10). 1585-1595 p. <https://doi.org/10.3390/ani13101585>.
 11. Ponganis PJ, McDonald BI. Cardiovascular physiology in dolphins and other cetaceans. *The Physiology of Dolphins*. 2024; Chapter 5. 77-105 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90516-9.00011-7>.
 12. Rommel SA, Early GA, Matassa KA. Venous structures associated with thermoregulation of phocid seal reproductive organs. *Anatomical Record*. 1995; Vol.243(3). 390-402 p. <https://doi.org/10.1002/ar.1092430314>.
 13. Anikienko IV. [Epidural vein of Baikal seal (*Pusa sibirica*, Phocidae)]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2025; 2(58). 71-77 p. EDN: NNEOMU.
 14. Rowlands CE, McLellan WA, Rommel SA. Comparative morphology of the spinal cord and associated vasculature in shallow versus deep diving cetaceans. *Journal of Morphology*. 2021; Vol. 282. 1415-1431 p. <https://doi.org/10.1002/jmor.21395>.
 15. Martre P, Mulot B, Roussel E. Evolutionary specializations in the venous anatomy of the two-toed sloth (*Choloepus didactylus*): Insights from CT-scan 3D Reconstructions. *Animals*. 2024; Vol. 14. 1768-1780 p. <https://doi.org/10.3390/ani14121768>.

Conflict of interest

The author declares no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Author:

Anikienko Inna Viktorovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Animal Morphology and Veterinary Sanitation Department, e-mail: babushcinai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7358-7699>
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhnyy, Russia.

**ВЛИЯНИЕ ПРОБИОТИКОВ НА РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ
И ФЕРМЕНТАТИВНУЮ СИСТЕМУ ПЕЧЕНИ ГУСЯТ-БРОЙЛЕРОВ****Е. В. Данилова, А. Ф. Хабиров, Э. М. Андриянова, А. Е. Андреева, Г. Р. Цапалова**

Реферат. В статье представлены результаты оценки влияния пробиотиков «Бациспектин» и «МК» на формирование мясных качеств гусят-бройлеров, развитие их внутренних органов, содержание ферментов в сыворотке крови. Установлено, что масса потрошённой тушки гусят-бройлеров, получавших пробиотик «Бациспектин» в 63-суточном возрасте составила 2457,5 г, что на 20,7% больше контроля. Масса тушек гусят-бройлеров, получавших пробиотик «МК» была на 0,2% меньше, чем у интактной птицы. При оценке мясных качеств выявлено, что у гусят-бройлеров I опытной группы выход грудных мышц к массе тушки был наибольшим, составив 8,78%, что на 0,66% больше, чем во II опытной группе и на 1,53% больше, чем у интактной птицы. Наибольший выход бедренных мышц к массе тушки был у гусят-бройлеров II опытной группы 8,61%, что на 1,4% больше, чем в интактной группе и на 1,77% больше, чем в I опытной группе гусят-бройлеров. У гусят-бройлеров, получавших «Бациспектин» была большая относительная масса печени – 2,44% по отношению к живой массе; у гусят-бройлеров, получавших «МК» масса железистого желудка – 0,46%, мышечного желудка – 4,09% и кишечника – 6,93%. По результатам биохимического анализа сыворотки крови в 63-суточном возрасте установлено, что в сыворотке крови интактных гусят активность аланинаминотрансферазы и аспартатаминотрансферазы была существенно выше, составляя $76,7 \pm 6,98$ ед/л и $138,3 \pm 7,29$ ед/л соответственно, что на 20,8-30,9% и 35,9-50,5% ($p < 0,05-0,01$) превышало уровни в опытных группах. Содержание щелочной фосфатазы у гусят-бройлеров опытных групп превышало аналогичное значение контроля на 14,8% и 13,9%, соответственно.

Ключевые слова: пробиотики, гусята-бройлеры, анатомическая разделка, мясные качества, внутренние органы, биохимические показатели.

Для цитирования: Данилова Е.В., Хабиров А.Ф., Андриянова Э.М., Андреева А.Е., Цапалова Г.Р. Влияние пробиотиков на развитие внутренних органов и ферментативную систему печени гусят-бройлеров // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 25-31 http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_25

Введение. Птицы подвержены болезням, которые связаны с нарушениями в работе иммунной системы организма. При разработке способов борьбы с болезнями особое внимание уделяется подавлению патогенных микроорганизмов. В норме микробиом здоровой птицы характеризуется супрессией условно-патогенных агентов и минимальной, не представляющей угрозы, концентрацией патогенов. Дисбаланс данной системы возникает под влиянием комплекса неблагоприятных факторов: иммуносупрессии, стрессовых воздействий, нарушений параметров содержания и, что особенно критично, при скармливании низкокачественных кормов, контаминированных микотоксинами. Эти условия создают преимущество для патогенной и условно-патогенной микрофлоры. Как следствие, происходит активизация таких опасных бактерий, как *Clostridium perfringens*, *Salmonella sp.* и *Staphylococcus aureus*, часто являющихся этиологическим фактором эпизоотий и гибели птицы [1, 2].

В сельскохозяйственной микробиологии актуальным направлением является разработка и создание пробиотических добавок, которые можно применять в животноводстве и птицеводстве для улучшения здоровья и повышения продуктивности поголовья [3, 4]. Пробиотики – это биологические добавки, которые содержат живые микрокультуры, оказывающее благотворное воздействие на живой организм путем повышения биологической активности микрофлоры кишечника [5, 6].

Введение пробиотических кормовых добавок в рацион животных и птице способствует улучшению микробного и кишечного баланса за счёт антагонистической активности в отношении патогенной и условно-патогенной микрофлоры, активизации макрофагов и индукции интерферонов, что способствует улучшению иммунной системы и продуктивности [7, 8].

Таким образом, добавление в основной рацион пробиотических кормовых добавок значительно улучшает здоровье птицы, что положительно сказывается на её продуктивности и воспроизводстве. Для комплексной оценки эффективности выращивания и мясной продуктивности птицы анализируют не только живую массу, но и выход продукции после убоя, определяемый соотношением съедобных и несъедобных частей, что имеет ключевое значение как для потребительского выбора, так и для технологической переработки [9, 10].

Во многих научных работах показаны положительные результаты действия пробиотиков на организм птицы. Так, по данным С. Ф. Сухановой (2022), установлен положительный эффект пробиотической кормовой добавки на основе метаболитов *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus farciminis*, пребиотика инулина. Включение изучаемой кормовой добавки в рацион молодняка гусей привело к статистически значимому улучшению мясной продуктивности. По сравнению с контролем, у опытной группы были зафиксированы более

высокие абсолютные показатели массы потрошеной и полупотрошеной тушки, а также увеличенный выход съедобных частей. Ключевым результатом явился существенный прирост массы мышечной ткани, в частности, грудных и бедренных мышц, что положительно отразилось на общем количестве съедобных частей туши [11].

В исследованиях Ф. В. Ярославцева (2022) изучена продуктивность молодняка гусей при использовании кормовой добавки «Витафлор». По итогам убоя птицы установлено, что использование кормовой добавки обеспечивает улучшение показателей, характеризующих мясные качества опытной птицы [12].

В работе К. Д. Джамбулатовой (2018) приведены результаты экспериментального исследования, в котором масса мышц цыплят-гипотрофиков, получавших пробиотики, была больше, по сравнению с группами цыплят-нормотрофиков и цыплят, не получавших пробиотик [13].

По данным Е. М. Ермоловой (2023), на убойные качества цыплят-бройлеров положительное влияние оказывает дополнительное включение в рацион пробиотиков «Ветом 4» и «Целлобактерин» [14]. Убойный выход служит ключевым показателем, определяющим рентабельность мясного производства. Согласно данным В. Н. Никулина (2024), при выращивании цыплят применение кормовой добавки «Дефторфосфат» с пробиотиком «Профорт» показало тенденцию к повышению убойного выхода по сравнению с контролем, хотя различия были незначительными [15].

Таким образом, применение пробиотических добавок является проверенным инструментом для укрепления здоровья и повышения продуктивности птицы, что отражается в ключевых показателях мясной продуктивности. Учитывая доказанное положительное влияние пробиотиков, в данной работе мы проводим комплексное изучение их воздействия на организм гусят-бройлеров. В этой связи, мы поставили перед собой цель изучить ответную реакцию организма гусят-бройлеров на введение в их организм пробиотических добавок «Бациспектин» и «МК». В задачи исследования входило:

- дать оценку мясных качеств гусят-бройлеров при выращивании на мясо;
- провести сравнительный анализ развития внутренних органов гусят-бройлеров интактной и опытных групп;
- оценить биохимические показатели сывотки крови гусят-бройлеров.

Условия, материалы и методы. В проведении исследований приняли участие гусята-бройлеры, полученные при скрещивании гусаков китайской породы ваньси с гусынями венгерской породы. Для проведения исследований использовалось 120 гусят-бройлеров суточного возраста, которых поделили на три одинаковые группы, в условиях ООО «Башкирская птица» Благоварского района

Республики Башкортостан. Формирование групп проводили из клинически здоровой птицы по принципу пар-аналогов. Гусята-бройлеры контрольной группы в качестве основного рациона (ОР) получали ежедневно полнорационный комбикорм с питательностью, соответствующей нормам ВНИТИП. Гусята-бройлеры I опытной группы наряду с ОР ежедневно с водой получали пробиотическую добавку «Бациспектин» (10^8 КОЕ/мл) в количестве 1 мл на 1 кг живой массы. Гусята-бройлеры II опытной группы вместе с ОР ежедневно с водой получали пробиотическую добавку «МК» на основе молочнокислых бактерий (10^7 КОЕ/мл), в количестве 1 мл на 1 кг живой массы. Продолжительность исследований составила 9 недель.

Контроль роста птицы проводили по итогам еженедельных взвешиваний всего поголовья на электронных весах CAS SWN-6 CW. Оценка мясных качеств проводилась по итогам контрольного убоя птицы по 4 головы (2 самца и 2 самки) из каждой подопытной группы. Контрольный убой птицы проводился в 63-суточном возрасте. Методология разделки соответствовала рекомендациям, разработанным для оценки анатомического строения и органолептических свойств мяса сельскохозяйственной птицы.

Результаты и обсуждение. Так как здоровая микрофлора кишечника способствует лучшему всасыванию питательных веществ, можно предположить, что у гусят-бройлеров опытных групп, получавших пробиотические кормовые добавки, микрофлора кишечника была более сбалансированной и процесс усвояемости корма был лучше, что отразилось на предубойной живой массе и массе потрошённой тушки. Потрошенная тушка - это пищевой продукт, получаемый после оглушения, обескровливания, ощипывания птицы и последующего удаления внутренних органов, головы, шеи и лап [16].

По результатам наших исследований масса тушки гусят-бройлеров, получавших пробиотик «Бациспектин», составила 2457,5 г, что на 20,7% выше показателя контрольного поголовья. В то же время, использование кормовой добавки «МК» не привело к аналогичному эффекту; масса тушек в этой группе была на 0,2% меньше, чем у интактных особей.

Основная масса мышц локализуется у птиц в области груди [17]. От процентного соотношения мышц к массе напрямую зависит качество тушки. На рисунке 1 представлено соотношение грудных и бедренных мышц к массе тушки у подопытной птицы.

Анализ данных рисунка 1 позволяет сделать вывод о том, что выход грудных мышц по отношению к массе тушки у гусят-бройлеров I опытной группы был наибольшим, составив 8,78%. Аналогичные показатели у гусят-бройлеров II опытной группы составили 8,12%, или на 0,66 процентных пункта меньше, у гусят-бройлеров интактной группы 7,25%, что на 1,53 процентных пункта меньше, чем в I опытной группе птицы.

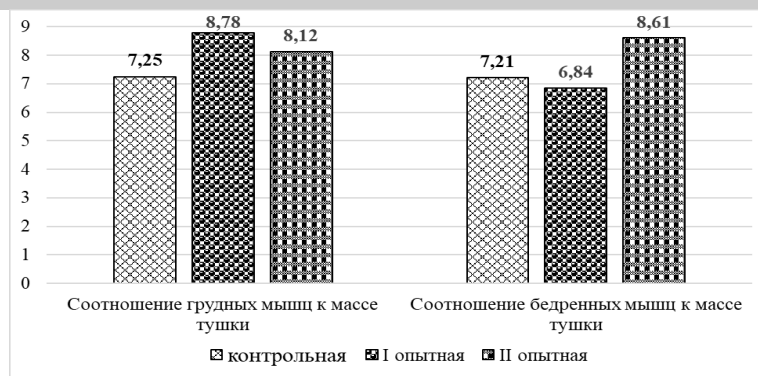


Рисунок 1 – Соотношение грудных и бедренных мышц к массе тушки, %

Наибольший выход бедренных мышц к массе тушки был у гусят-бройлеров II опытной группы, достигнув значения 8,61%, что на 1,4 процентных пункта больше, чем в интактной группе и на 1,77 процентных пункта больше, чем в I опытной группе гусят-бройлеров.

Так как пробиотические кормовые добавки «Бациспектин» и «МК» различны по составу, можно предположить, что они оказывают

разное влияние на микрофлору кишечника и процессы пищеварения птицы. Мясная продуктивность гусят-бройлеров зависит не только от живой массы, но и от ряда характеристик развития внутренних органов птиц. В связи с важностью роли внутренних органов в физиологических процессах, которые протекают в организме, нами были изучены масса внутренних органов и их отношение к живой массе гусят-бройлеров. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Масса внутренних органов гусят-бройлеров, n=4

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
Железистый желудок, г	11,8±0,73	14,9±1,09	16,6±1,12*
Масса железистого желудка к живой массе, %	0,33	0,38	0,46
Мышечный желудок, г	143,4±15,02	150,6±2,11	146,1±7,88
Масса мышечного желудка к живой массе, %	4,03	3,79	4,09
Печень, г	75,6±6,70	96,8±8,86	81,3±8,00
Масса печени к живой массе, %	2,12	2,44	2,27
Кишечник, г	244,97±26,72	266,25±29,48	247,5±34,13
Масса кишечника к живой массе, %	6,88	6,70	6,93

Примечание: * - $p < 0,01$; ** - $p < 0,05$; *** - $p < 0,001$

Железистый желудок выделяет соляную кислоту и ферменты, необходимые для начала переваривания белков. Интенсивность работы железистого желудка зависит от состава рациона и эффективности пищеварения птицы. Так, по данным таблицы 1 видно, что наибольшая масса железистого желудка установлена в опытных группах гусят-бройлеров со значением 14,9±1,09 г и 16,6±1,12 г ($p < 0,01$), что превысило аналогичное значение контрольной группы на 26,3% и 40,7%, соответственно. Тенденция абсолютных различий подтверждается относительными показателями. В частности, относительная масса железистого желудка у интактных гусят составила лишь 0,33%. Данный показатель был ниже, чем в опытных группах, на 0,05 и 0,13 процентных пункта соответственно.

Мышечный желудок содержит мускулатуру, которая сокращается, перетирая пищу, особенно грубые волокна и твердые частицы, также он регулирует скорость прохождения пищи в кишечник, обеспечивая более полное переваривание и усвоение питательных веществ. Масса мышечного желудка у гусят-

бройлеров не имела существенных межгрупповых различий. При этом была установлена наибольшая масса мышечного желудка у гусят-бройлеров I опытной группы - 150,6±2,11 г, что больше значения интактной группы на 5,0%. Масса мышечного желудка у гусят-бройлеров II опытной группы была больше аналогичного значения контрольной группы на 1,9%. У гусят-бройлеров I опытной группы при наибольшем значении абсолютной массы мышечного желудка 150,6±2,11 г оказался сравнительно низкий выход мышечного желудка относительно живой массы со значением 3,79%. В то время как в контрольной группе при массе мышечного желудка 143,4±15,02 г его выход относительно живой массы составил 4,03%. Аналогичные значения у гусят-бройлеров II опытной группы составили 146,1±7,88 г и 4,09%, соответственно.

Таким образом, наибольший выход мышечного желудка был установлен в группе гусят-бройлеров, получавших пробиотик «МК» - 4,09%, что на 0,06 процентных пункта больше, чем в контроле, и на 0,30 процентных пункта больше, чем в группе гусят-бройлеров, получавших пробиотик «Бациспектин».

Проведённые исследования выявили статистически значимое увеличение массы печени у подопытной птицы. Наибольший показатель зафиксирован в I опытной группе $96,8 \pm 8,86$ г, что на 28,0% превосходит контрольные значения. Во II группе также отмечено увеличение данного показателя до $81,3 \pm 8,00$ г, что соответствует превышению над контролем на 7,5%. При этом, наибольший выход печени по отношению к живой массе также был установлен в группе гусят-бройлеров, получавших пробиотик «Бациспектин» - 2,44%, что на 0,17 процентных пункта больше, чем во II опытной группе и на 0,32 процентных пункта больше, чем в контроле.

Кишечник птиц – это сложный и важный отдел пищеварительной системы, отвечающий за завершение переваривания пищи, всасывание питательных веществ и удаление непереваренных остатков. Регуляция количества определённых популяций микробиома может увеличивать синтез и транспорт микробных

продуктов, что способствует обеспечению аминокислотами организма-хозяина [18, 19]. Масса кишечника у гусят-бройлеров контрольной группы составила 244,97 г, что меньше аналогичного показателя в I опытной группе на 8,7% и на 1,0% меньше, чем во II опытной группе птицы. Относительная масса кишечника у подопытных групп гусят-бройлеров не имела существенных различий. Так, в I опытной группе масса кишечника гусят-бройлеров по отношению к живой массе составила 6,70%, что меньше значения контроля на 0,18 процентных пункта. А во II опытной группе масса кишечника по отношению к живой массе составила 6,93%, что больше аналогичного значения контроля на 0,05 процентных пункта.

О функции и состоянии печени у птиц можно судить по значению показателей, характеризующих работу ферментативной системы печени. В таблице 2 представлены данные о содержании ферментов в сыворотке крови гусят-бройлеров.

Таблица 2 – Содержание ферментов в сыворотке крови гусят-бройлеров, ед/л

Показатель	Группа		
	контрольная	I опытная	II опытная
АЛТ	$76,7 \pm 6,98$	$63,5 \pm 7,10$	$58,6 \pm 4,13$
АСТ	$138,3 \pm 7,29$	$101,8 \pm 10,4^*$	$91,9 \pm 7,40^{**}$
Щелочная фосфатаза	$3778,9 \pm 269,99$	$4336,8 \pm 457,64$	$4305,5 \pm 227,68$
ГГТ (Гамма-гutamилтрансфераза)	$12,6 \pm 2,53$	$12,0 \pm 1,91$	$14,3 \pm 3,84$

Примечание: * - $p < 0,01$; ** - $p < 0,05$; *** - $p < 0,001$

Уровень активности АЛТ может свидетельствовать об интенсивности белкового обмена [18]. По результатам наших исследований было установлено, что в 63-суточном возрасте содержание АЛТ при сравнении с контролем у гусят-бройлеров I опытной группы было меньше на 20,8%, а у гусят-бройлеров II опытной группы меньше на 30,9%. Полученный результат согласуется с данными исследований А. В. Требуховой (2023), показавшей, что активность АЛТ на протяжении всего исследования была достоверно выше в контрольной группе молодняка кур, чем у цыплят опытной группы, получавших дополнительно к основному рациону пробиотический препарат «Ветом 1.1» [20].

Аспаратаминотрансфераза – фермент, содержащийся в тканях сердца, печени, скелетной мускулатуре, нервной ткани и почках, в меньшей степени – в поджелудочной железе, селезёнке и лёгких. Наибольшая активность фермента АСТ в сыворотке крови зафиксирована в интактной группе гусят-бройлеров со значением $138,3 \pm 7,29$ ед/л, что достоверно больше аналогичного значения в опытных группах на 35,9% ($p < 0,05$) и 50,5% ($p < 0,01$), соответственно.

Щелочная фосфатаза характеризуется практически повсеместным распределением в организме. Основными участками её высокой активности являются: костная ткань; паренхима печени и стенки её желчных прото-

ков; слизистая оболочка кишечного тракта и проксимальные отделы извитых почечных канальцев [21, 22]. Она участвует в процессах транспорта биологически активных веществ и указывает на напряжённость минерального обмена в организме птицы [23]. Содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови гусят-бройлеров опытных групп превышало аналогичное значение контрольной группы на 14,8% и 13,9%, соответственно.

Концентрация гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ) в сыворотке крови детерминирована функциональным состоянием гепатоцитов, а именно их секреторной и адсорбционной активностью, и подвержена влиянию множества эндо- и экзогенных факторов. У растущего молодняка регистрируются повышенные значения фермента, что физиологически обосновано высоким уровнем метаболизма и активным гистогенезом. По мере завершения роста и стабилизации обменных процессов уровень ГГТ приходит к референсным значениям [21]. В сыворотке крови гусят-бройлеров контрольной группы содержание гамма-глутамилтрансферазы составило $12,6 \pm 2,53$ ед/л, что больше аналогичного значения I опытной группы птицы, получавшей пробиотик «Бациспектин», на 5,0%. Содержание гамма-глутамилтрансферазы у гусят-бройлеров, получавших пробиотическую кормовую добавку «МК», оказалось больше на 13,5%, чем в интактной группе птицы.

Выводы. Результаты проведенного научно-хозяйственного опыта продемонстрировали значимое влияние экспериментальных условий на продуктивные и физиологические показатели гусят-бройлеров.

Масса тушки гусят-бройлеров, получавших пробиотик «Бациспектин», составила 2457,5 г, что на 20,7% выше показателя контрольного поголовья. При использовании кормовой добавки «МК» масса тушек была на 0,2% меньше, чем у интактных особей. При оценке мясных качеств выявлено, что у гусят-бройлеров I опытной группы выход грудных мышц к массе тушки был наибольшим, составив 8,78%, что на 0,66 процентных пункта больше, чем во II опытной группе и на 1,53 процентных пункта больше, чем у интактной птицы. Наибольший выход бедренных мышц к массе тушки был у гусят-бройлеров II опытной группы 8,61%, что на 1,4 процентных пункта больше, чем в интактной группе и на 1,77 процентных пункта больше, чем в I опытной группе гусят-бройлеров.

У гусят I опытной группы при сравнении с контролем масса мышечного желудка была больше на 5,0% ($150,6 \pm 2,11$ г), масса печени больше на 28,0% ($96,8 \pm 8,86$ г). Во II опытной группе масса печени составила $81,3 \pm 8,00$ г, что на 7,5% больше контрольного значения. Биохимический статус птицы к 63-му дню опыта характеризовался следующими изменениями: в сыворотке крови интактных гусят

активность аланинаминотрансферазы и аспаратаминотрансферазы была существенно выше, составляя $76,7 \pm 6,98$ ед/л и $138,3 \pm 7,29$ ед/л соответственно, что на 20,8-30,9% и 35,9-50,5% ($p < 0,05-0,01$) превышало уровни в опытных группах. В противоположность этому, активность щелочной фосфатазы оказалась повышенной на 14,8% и 13,9% у птицы, в рацион которой входили пробиотические добавки. Концентрация гамма-глутамилтрансферазы в контрольной группе оставалась на уровне $12,6 \pm 2,53$ ед/л.

Включение пробиотической кормовой добавки «Бациспектин» в рацион опытной группы привело к снижению уровня гамма-глутамилтрансферазы на 5,0%, в то время как добавление пробиотика «МК» оказало противоположное воздействие, вызвав увеличение содержания гамма-глутамилтрансферазы на 13,5% относительно интактной группы.

На основании полученных данных, для повышения мясной продуктивности и улучшения физиологического состояния гусят-бройлеров рекомендуем внедрить в производственную практику применение пробиотической кормовой добавки «Бациспектин» в используемой дозировке, способствующей нормализации биохимических показателей крови, что свидетельствует о благоприятном воздействии добавки на метаболические процессы и функциональное состояние печени.

Литература

1. Пробиотическая кормовая добавка на основе микроорганизмов рода *Enterococcus* в рационе перепелов / В. В. Герасименко, О. Ю. Ежова, А. Г. Гончаров [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. №8. С.87–91. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_8_87
2. Симбиотики как инструмент влияния на кишечную микрофлору птиц / А. А. Гофман, С. Б. Лыско, О. А. Сунцова, М. В. Задорожная // Птицеводство. 2025. № 10. С. 23-26. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-10-23-26>
3. Эффективная кормовая добавка в рационах цыплят-бройлеров / А. В. Королев, А. А. Васильев, О. А. Новицкая, А. П. Новицкий // Зоотехния. 2024. № 5. С. 14-16. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.13.84.004>
4. Результаты исследований применения пробиотиков "Эм-Курунга" и "Байкал Эм-1" при выращивании ремонтных телок / Ю. Я. Кравайнис, Р. С. Кравайне, Р. В. Шкрабак [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 1. С. 73–82. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp73-82>
5. Измайлович И. Б. Регуляция гастроэнтерологической микрофлоры // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2024. № 27-2. С. 170-178. EDN: UFTOMR
6. Влияние метаболитного пробиотика «Биосиб МЕТАПРО» на минеральный обмен у цыплят-бройлеров кросса росс 308 / А. Д. Ткачев, А. Н. Швыдков, О. И. Себежко [и др.] // Зоотехния. 2025. № 10. С. 22-26. <https://doi.org/10.25708/ZT.2025.23.36.006>
7. Пробиотики – активаторы иммунного статуса / Н. Г. Иванов, В. К. Тихонов, Г. П. Тихонова [и др.] // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. №4 (19). С. 51-54. EDN: UYWHUJ
8. Эффективность использования различных дозировок отечественного пробиотика при выращивании цыплят-бройлеров / Л. А. Рябуха, А. В. Кожевников, А. Н. Швыдков [и др.] // Птицеводство. 2025. № 6. С. 25-34. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-6-25-34>
9. Оценка эффективности пробиотиксодержащих препаратов на различных носителях на продуктивные качества сельскохозяйственной птицы / С. В. Лебедев, С. С. Акимов, О. В. Маршинская, Т. В. Казакова // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 4. С. 26-30. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_4_26
10. Шевченко А. Н. Воспроизводительные качества гусей при использовании кормовой биологически активной добавки АА-50 / А. Н. Шевченко, А. К. Османян // Птицеводство. 2024. № 1. С. 36-39. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-1-36-39>
11. Суханова С. Ф., Ярославцев Ф. В. Формирование мясной продуктивности молодняка гусей за счёт использования пробиотической кормовой добавки // Вестник Курганской ГСХА. 2022. №4 (44). С. 48-54. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_48
12. Ярославцев Ф. В. Влияние пробиотической кормовой добавки на продуктивность молодняка гусей // Тенденции развития науки и образования. 2022. №81-1. С. 158-161. <https://doi.org/10.18411/tmio-01-2022-42>
13. Джембулатова К. Д., Тайгузин Р. Ш., Торшков А. А. Рост и мясная продуктивность цыплят-бройлеров при использовании пробиотиков при гипотрофии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. №5 (73). С. 268-270. EDN: YNDPZR

14. Ермолова Е. М., Ермолов С. М., Максимова Р. А. Кормление птицы при использовании в рационе пробиотиков // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2023. №4. С. 184-187. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-184-187>
15. Влияние дефторированного фосфата и пробиотика на мясную продуктивность и качество мяса цыплят-бройлеров / В. Н. Никулин, И. А. Бабичева, Е. Ю. Клюквин [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. №3 (107). С. 344-349. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-107-3-344-349>
16. Топурия Л. Ю., Топурия Г. М. Влияние иммунофлора на мясную продуктивность уток // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. №3 (101). С. 355-359. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-355-359>
17. Крыгин В. А. Влияние пробиотиков на мясную продуктивность и ветеринарно-санитарные характеристики мяса цыплят-бройлеров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. №2 (106). С. 268-273. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-106-2-268-273>
18. Фисинин В. И., Сайфульмулюков Э. Р., Мифтахутдинов А. В. Специализированные фармакологические препараты и кормовые добавки, применяемые в птицеводстве для профилактики технологических стрессов: стрессы различной этиологии // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 11. С. 75-90. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_11_75
19. Мясная продуктивность цыплят-бройлеров в зависимости от условий содержания и кормления при использовании в рационе микробной добавки / А. А. Бойко А. Г. Кошаев., Ю. А. Лысенко [и др.] // Ветеринария и кормление. 2022. № 3. С. 8-11. <https://doi.org/10.30917/АТТ-VK-1814-9588-2022-3-2>
20. Требухов А. В., Демсенева А. Е. Влияние пробиотика Ветом 1.1 на физические и биохимические показатели цыплят // Инновации и продовольственная безопасность. 2023. №2(40). С. 49-56. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-49-56>
21. Череменина Н. А., Веремеева С. А., Краснолобова Е. П. Биохимические показатели крови индеек мясного кросса в период роста // Вестник КрасГАУ. 2025. №5(218). С. 155-168. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-5-155-168>
22. Загарин А. Ю. Характеристика корреляционных связей между биохимическими показателями крови и морфологическими особенностями цыплят-бройлеров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. №4. С. 140-153. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-4-140-153>
23. Биохимические показатели крови и качество мяса у цыплят-бройлеров при использовании в рационах высокобелковых кормовых добавок / А. П. Марынич, Б. Т. Абилов, А. В. Болдарева [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. 2020. №4(13). С. 47-58. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.4.13.2020>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Данилова Екатерина Вадимовна – младший научный сотрудник кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, e-mail: yekaterina_danilova_2000@mail.ru,
 Хабилов Айрат Фаритович* – кандидат биологических наук, заведующий кафедрой физиологии, биохимии и кормления животных, e-mail: xaifa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6524-6971>
 Андриянова Эндже Мирсаитовна - кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, e-mail: tovarishibgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4889-2090>
 Андреева Александра Евгеньевна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, e-mail: aleksandra_evgen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6984-0700>
 Цапалова Гульнара Ринадовна - кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, биохимии и кормления животных, e-mail: gcapalova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8871-5219>
 Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, Россия.

INFLUENCE OF PROBIOTICS ON THE DEVELOPMENT OF INTERNAL ORGANS AND LIVER ENZYMATIC SYSTEM OF BROILER GOSLINGS

E. V. Danilova, A. F. Khabirov, E. M. Andriyanova, A. E. Andreeva, G. R. Tsapalova

Abstract. This article presents the results of an evaluation of “Bacisetsin” and “MK” probiotics effect on the development of meat quality in broiler goslings, their internal organs development and serum enzyme levels. It was found that the eviscerated carcass weight of broiler goslings fed the probiotic “Bacisetsin” at 63 days of age was 2457.5 g, which is 20.7% higher than the control. The carcass weight of broiler goslings fed with “MK” probiotic was 0.2% less than that of the intact birds. When assessing meat qualities, it was revealed that the broiler goslings of the 1st experimental group had the highest yield of breast muscles to carcass weight, amounting to 8.78%, which is 0.66% more than in the 2nd experimental group and 1.53% more than in the intact birds. The highest yield of thigh muscles to carcass weight was in broiler goslings of the 2nd experimental group 8.61%, which is 1.4% more than in the intact group and 1.77% more than in the 1st experimental group of broiler goslings. The broiler goslings fed with “Bacisetsin” had a higher relative liver weight - 2.44% in relation to live weight; In broiler goslings fed “MK”, the weight of the glandular stomach was 0.46%, the muscular stomach - 4.09% and the intestine - 6.93%. According to the results of biochemical analysis of blood serum at 63 days of age, it was established that in the blood serum of intact goslings, the activity of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase was significantly higher, amounting to 76.7 ± 6.98 U/L and 138.3 ± 7.29 U/L, respectively, which was 20.8-30.9% and 35.9-50.5% ($p < 0.05-0.01$) higher than the levels in the experimental groups. The content of alkaline phosphatase in broiler goslings of the experimental groups exceeded the similar value of the control by 14.8% and 13.9%, respectively.

Key words: probiotics, broiler goslings, anatomical cutting, meat quality, internal organs, biochemical parameters.

For citation: Danilova E.V., Khabirov A.F., Andriyanova E.M., Andreeva A.E., Tsapalova G.R. Influence of probiotics on the development of internal organs and liver enzymatic system of broiler goslings. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265 (1). p. 25-31. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_25

References

1. Gerasimenko VV, Ezhova OYu, Goncharov AG. [Probiotic feed additive based on microorganisms of Enterococcus genus in the diet of quails]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 8. 87-91 p. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_8_87
2. Gofman AA, Lysko SB, Suntsova OA, Zadorozhnaya MV. [Symbiotics as a tool for influencing the intestinal microflora of birds]. Ptitsyevodstvo. 2025; 10. 23-26 p. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-10-23-26>

3. Korolev AV, Vasilev AA, Novitskaya OA, Novitskiy AP. [Effective feed additive in broiler chicken diets]. *Zootekhnika*. 2024; 5. 14-16 p. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.13.84.004>
4. Kravaynis YuYa, Kravayne RS, Shkrabak RV. [Results of studies on the use of "Em-Kurunga" and "Baikal Em-1" probiotics in raising replacement heifers]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*. 2024; 1. 73-82 p. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i1pp73-82>
5. Izmaylovich IB. [Regulation of gastrointestinal microflora]. *Aktualnye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2024; 27-2. 170-178 p. EDN: UFTOMR
6. Tkachev AD, Shvydkov AN, Sebezsko OL. [Effect of the metabolic probiotic "Biosib METAPRO" on mineral metabolism in broiler chickens of the Ross 308 cross]. *Zootekhnika*. 2025; 10. 22-26 p. <https://doi.org/10.25708/ZT.2025.23.36.006>
7. Ivanov NG, Tikhonov VK, Tikhonova GP. [Probiotics – activators of immune status]. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2021; 4 (19). 51-54 p. EDN: UYWHIJ
8. Ryabukha LA, Kozhevnikov AV, Shvydkov AN. [The effectiveness of using different dosages of domestic probiotics when raising broiler chickens]. *Ptisevodstvo*. 2025; 6. 25-34 p. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2025-74-6-25-34>
9. Lebedev SV, Akimov SS, Marshinskaya OV, Kazakova TV. [Evaluation of the effectiveness of probiotic-containing preparations on various carriers on the productive qualities of agricultural poultry]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 4. 26-30 p. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_4_26
10. Shevchenko AN, Osmanyan AK. [Reproductive qualities of geese when using the biologically active feed additive AA-50]. *Ptisevodstvo*. 2024; 1. 36-39 p. <https://doi.org/10.33845/0033-3239-2024-73-1-36-39>
11. Sukhanova SF, Yaroslavl'tsev FV. [Formation of meat productivity of young geese due to the use of a probiotic feed additive]. *Vestnik Kurganskoy GSKhA*. 2022; 4 (44). 48-54 p. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_44_48
12. Yaroslavl'tsev FV. [Influence of a probiotic feed additive on the productivity of young geese]. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2022; 81-1. 158-161 p. <https://doi.org/10.18411/trnio-01-2022-42>
13. Dzhambulatova KD, Tayguzin RSh, Torshkov AA. [Growth and meat productivity of broiler chickens using probiotics during hypotrophy]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; 5 (73). 268-270 p. EDN: YNDPZR
14. Ermolova EM, Ermolov SM, Maksimova RA. [Feeding poultry using probiotics in the diet]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2023; 4. 184-187 p. <https://doi.org/10.24412/2311-6447-2023-4-184-187>
15. Nikulin VN, Babicheva IA, Klyukvin EYu. [The effect of defluorinated phosphate and probiotic on meat productivity and meat quality of broiler chickens]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; 3 (107). 344-349 p. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-107-3-344-349>
16. Topuriya LYU, Topuriya GM. [The effect of immunoflora on meat productivity of ducks]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023; 3 (101). 355-359 p. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-101-3-355-359>
17. Krygin VA. [The influence of probiotics on meat productivity and veterinary and sanitary characteristics of broiler chicken meat]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024; 2 (106). 268-273 p. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2024-106-2-268-273>
18. Fisinin VI, Sayfulmulyukov ER, Miftakhutdinov AV. [Specialized pharmacological preparations and feed additives used in poultry farming for the prevention of technological stress: stresses of various etiologies]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2023; Vol.37. 11. 75-90 p. https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_11_75
19. Boyko AA, Koshchaev AG, Lysenko YuA. [Meat productivity of broiler chickens depending on housing and feeding conditions when using a microbial supplement in the diet]. *Veterinariya i kormlenie*. 2022; 3. 8-11 p. <https://doi.org/10.30917/ATT-VK-1814-9588-2022-3-2>
20. Trebukhov AV, Demeneva AE. [Effect of the probiotic Vetom 1.1 on the physical and biochemical parameters of chickens]. *Innovatsii i prodovol'stvennaya bezopasnost*. 2023; 2(40). 49-56 p. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-49-56>
21. Cheremenina NA, Veremeeva SA, Krasnolobova EP. [Biochemical parameters of the blood of meat cross turkeys during the growth period]. *Vestnik KrasGAU*. 2025; 5(218). 155-168 p. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2025-5-155-168>
22. Zagarin AYU. [Characteristics of correlations between biochemical blood parameters and morphological features of broiler chickens]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2024; 4. 140-153 p. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-4-140-153>
23. Marynich AP, Abilov BT, Boldareva AV. [Biochemical blood parameters and meat quality in broiler chickens using high-protein feed additives in diets]. *Selskokhozyaystvennyy zhurnal*. 2020; 4(13). 47-58 p. <https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.4.13.2020>

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Danilova Ekaterina Vadimovna – junior researcher of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition Department, e-mail: yekaterina_danilova_2000@mail.ru,
 Khabirov Ayrat Faritovich* – Ph.D. of Biological Sciences, Head of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition Department, e-mail: xaifa@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6524-6971>
 Andriyanova Endzhe Mirsaitovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition Department, e-mail: tovarishibgau@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4889-2090>
 Andreeva Aleksandra Evgenevna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition Department, Email: aleksandra_evgen@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6984-0700>
 Tsapalova Gulnara Rinadovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Animal Physiology, Biochemistry and Nutrition Department, Email: gcapalova@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8871-5219>
 Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia.

ПРОТЕКТОРНОЕ ДЕЙСТВИЕ ПРОБИОТИКА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕЧЕНИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИНДУЦИРОВАННОЙ ЭНРОФЛОКСАЦИНОМ ГЕПАТОПАТИИ

У. А. Круть, В. А. Ефимова, А. С. Выросткова, А. А. Болгов, С. С. Ахапкина

Реферат. Цель работы – оценка протекторного влияния пробиотика на основе штамма *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D на морфофункциональные показатели печени цыплят-бройлеров при гепатопатии, индуцированной энрофлораксацином. Эксперимент проведен на 100 цыплятах-бройлерах кросса «Росс-308» с 1-х по 21-е сутки жизни. Птицы были разделены на 4 группы: контроль (стандартный рацион), пробиотик (ежедневно с 1-х по 20-е сутки, 1 г/кг массы тела), энрофлораксин (200 мг/л воды первые 5 суток), энрофлораксин + пробиотик (энрофлораксин первые 5 суток, затем пробиотик с 6-х по 20-е сутки). На 1, 7, 14 и 21-е сутки жизни проводили убой, определяли массу тела и печени, выполняли гистологическое исследование печени с окраской гематоксилином и эозином. Установлено, что применение энрофлораксина вызывает у 14-суточных цыплят центрлобулярное полнокровие печени (выявлено в 50% гистологических препаратов). В группе с комбинированным применением антибиотика и последующим пробиотиком частота полнокровия снижалась до 28,6%, а его выраженность была умеренной. К 21-м суткам морфологические изменения во всех группах нивелировались. Живая масса в группе энрофлораксина на 14-е сутки была ниже контроля ($479,02 \pm 18,10$ г против $507,72 \pm 7,71$ г, $p < 0,05$), но к 21-м суткам различия исчезали. В группе энрофлораксин + пробиотик на 21-е сутки отмечено снижение живой массы ($882,21 \pm 24,28$ г против $968,74 \pm 21,49$ г в контроле, $p < 0,001$), что может быть связано с перераспределением ресурсов на репаративные процессы в печени. Полученные данные свидетельствуют о гепатопротекторном потенциале пробиотика *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D, способного уменьшать микроциркуляторные нарушения, вызванные энрофлораксацином, и обосновывают его включение в схемы выращивания бройлеров для снижения медикаментозной нагрузки на печень.

Ключевые слова: пробиотик, энрофлораксин, гепатопротекторное действие, цыплята-бройлеры, морфофункциональные показатели печени, гистология, альтернативы антибиотикам, птицеводство.

Для цитирования: Круть У.А., Ефимова В.А., Выросткова А.С., Болгов А.А., Ахапкина С.С. Протекторное действие пробиотика на морфофункциональные показатели печени цыплят-бройлеров при индуцированной энрофлораксацином гепатопатии // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 32-38. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_32.

Введение. Применение антибактериальных препаратов в промышленном птицеводстве, традиционно используемых для контроля инфекционных заболеваний и стимуляции роста, сопряжено с развитием резистентности у патогенов, риском накопления остатков в продукции и потенциальным гепатотоксическим действием, поскольку печень является основным органом метаболизма ксенобиотиков [1, 2]. Ужесточение законодательства в области ветеринарного применения антибиотиков (Федеральный закон № 636-ФЗ от 21.11.2022 «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обращении лекарственных средств» и отдельные законодательные акты Российской Федерации») актуализирует поиск эффективных альтернативных и комплементарных средств, направленных на поддержание здоровья и продуктивности сельскохозяйственных животных без рисков, ассоциированных с антимикробными препаратами. Мировой опыт показывает, что пробиотики на основе *Bacillus subtilis* являются одной из наиболее перспективных альтернатив, что подтверждается многочисленными обзорами [3]. Ранее проведенные нами пилотные исследования на птице яичного кросса [4] выявили позитивное влияние исследуемого пробиотического штамма на отдельные биохимические и морфологические

параметры печени. Однако физиология и интенсивность метаболических процессов у бройлеров принципиально иные, что определяет необходимость отдельного целенаправленного изучения.

Цель исследования - провести сравнительный анализ влияния антибиотика энрофлораксина и пробиотика на основе штамма *Bacillus subtilis* на морфофункциональные показатели печени цыплят-бройлеров.

Условия, материалы и методы. Эксперимент проведен на базе Лаборатории птицеводства Белгородского государственного аграрного университета имени В.Я. Горина. В качестве объекта исследования использованы цыплята-бройлеры кросса «Росс-308» в общем количестве 100 голов. Эксперимент проводили с цыплятами с 1-х по 21-е сутки жизни.

Все цыплята были разделены на 4 группы ($n=25$), для каждой была подобрана схема кормления:

Контрольная группа: стандартный рацион (зерно, комбикорм, вода);

Группа с пробиотиком: стандартный рацион + выпаивание пробиотиком (штамм *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D) в дозе 1 г/кг массы тела (1 г содержит 109 КОЕ) ежедневно с 1-х по 20-е сутки жизни;

Группа с антибиотиком: стандартный рацион

он + выпаивание энрофлоксацином в дозе 200 мг/л воды в первые 5 суток жизни;

Группа с антибиотиком и пробиотиком: стандартный рацион + выпаивание энрофлоксацином (200 мг/л) в первые 5 суток жизни, затем с 6-х по 20-е сутки жизни – пробиотик (штамм *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D) в дозе 1 г/кг массы тела.

Убой цыплят производили на 1-е, 7-е, 14-е и 21-е сутки жизни для изучения гистологических и морфометрических показателей печени по 6 особей из каждой группы на каждом сроке. В эти же сроки измеряли массу тела птиц и массу печени.

Извлечённые органы после макроскопического исследования и взвешивания фиксировали в 10%-м растворе забуференного нейтрального формалина для последующего гистологического анализа.

Для гистологического исследования проводка образцов выполнялась с использованием батареи из этилового спирта и хлороформа с последующей парафинизацией при помощи аппарата для гистологической обработки биологических тканей TLP-144 (MT Point Technology, Россия). Заливку блоков со стандартной ориентацией кусочков проводили на станции для заливки биологического материала ESD-2800-M (MT Point Technology, Россия). Срезы толщиной 5 мкм изготавливали на полуавтоматическом ротационном микротоме с системой транспортировки и расправления срезов RMD-3000 (MT Point Technology, Россия). Окраску осуществляли гематоксилином и эозином (Labiko, Россия).

Основная часть морфологического исследования выполнена после создания электронной галереи изображений с помощью полуавтоматического сканера микропрепарата Mirax Desk (Carl Zeiss Microimaging GmbH, Германия), что позволило максимально стандартизовать режимы морфометрического исследования. Увеличение сканирующего объектива составило $\times 20$. Цифровое увеличение на микрофотографиях и изображениях при анализе варьировало от $\times 20$ (при отсутствии про-

граммного увеличения) до $\times 800$ (при 40-кратном программном увеличении).

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием программы SPSS Statistics 17.0. Нормальность распределения количественных признаков в группах проверяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для сравнения показателей между группами применяли однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим пост-хок тестом Тьюки для данных, имеющих нормальное распределение и равные дисперсии. В случае отклонения от нормальности распределения использовали непараметрический критерий Краскела-Уоллиса с последующим попарным сравнением по критерию Манна-Уитни с поправкой Бонферрони. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки среднего ($M \pm m$). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Исследование проводили в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского парламента и Совета Европейского союза от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях.

Результаты и обсуждение. Применение энрофлоксацина (группа 3) оказывало угнетающее влияние на динамику живой массы цыплят-бройлеров в период интенсивного роста. К 14-м суткам жизни живая масса птиц в этой группе ($479,02 \pm 18,10$ г) была статистически значимо ниже ($p < 0,05$), чем в контрольной группе ($507,72 \pm 7,71$ г). Однако к 21-м суткам эта разница нивелировалась, и масса тела птиц в группе 3 ($982,68 \pm 25,83$ г) не отличалась от контрольных значений ($968,74 \pm 21,49$ г). В группе с комбинированным применением антибиотика и последующим пробиотиком (группа 4) к 21-м суткам зафиксировано достоверное снижение ($p < 0,001$) живой массы ($882,21 \pm 24,28$ г) относительно всех других групп, что может быть связано с фазой восстановительных процессов и перераспределением метаболических ресурсов на репарацию в печени (таблица).

Таблица – Динамика относительного прироста живой массы и массы печени цыплят ($n=6$)

Сутки жизни	1-я группа: Контроль	2-я группа: Пробиотик	3-я группа: Антибиотики	4-я группа: Пробиотик и анти-биотики
Абсолютная масса печени, г				
1	$1,62 \pm 0,14$			
7	$6,48 \pm 1,18$	$6,18 \pm 0,87$	$6,05 \pm 0,71$	$6,01 \pm 0,59$
14	$15,91 \pm 3,08$	$17,73 \pm 1,76$	$16,27 \pm 1,84$	$15,82 \pm 1,62$
21	$25,90 \pm 3,54$	$25,83 \pm 2,66$	$28,92 \pm 4,38^*$	$27,72 \pm 1,60$
Масса птицы, г				
1	$42,47 \pm 2,29$			
7	$157,75 \pm 3,74$	$155,36 \pm 3,27$	$151,75 \pm 4,53$	$150,22 \pm 5,64$
14	$507,72 \pm 7,71$	$508,24 \pm 11,28$	$479,02 \pm 18,10^*$	$475,05 \pm 6,13^{**}$
21	$968,74 \pm 21,49$	$980,16 \pm 17,81$	$982,68 \pm 25,83$	$882,21 \pm 24,28^{***}$

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ (между контрольной и опытными группами)

Что касается абсолютной массы печени, статистически значимое увеличение ($p < 0,05$) этого показателя к 21-м суткам наблюдали только в группе птиц, получавших антибиотик ($28,92 \pm 4,38$ г против $25,90 \pm 3,54$ г в контроле). Это может косвенно указывать на развитие компенсаторно-приспособительных реакций органа в ответ на гепатотоксическую нагрузку [5]. Помимо микроциркуляторных нарушений, энрофлоксацин способен модулировать активность микросомальных ферментов печени, что также может вносить вклад в развитие гепатопатии [6].

Достоверное снижение живой массы у цыплят-бройлеров в группе 4 на 21-е сутки ($p < 0,001$), вероятно, обусловлено перераспределением метаболических ресурсов с процессов линейного соматического роста на энергоёмкие репаративные реакции в гепатобилиарной системе, индуцированные пробиотиком на фоне постантибиотической нагрузки [7, 8]. Морфологическим подтверждением этой гипотезы служит значимо меньшая выраженность центрлобулярного полнокровия у птиц этой группы на 14-е сутки ($28,6\%$ против $50,0\%$ в группе изолированного применения энрофлоксацина), что свидетельствует об активной фазе восстановления микро-

циркуляторного русла и паренхимы печени. Кроме того, отсутствие компенсаторной гепатомегалии ($27,72 \pm 1,60$ г против $28,92 \pm 4,38$ г в группе 3) указывает на противовоспалительное действие *Bacillus subtilis*, нивелирующее гипертрофические реакции. Зафиксированное снижение массы тела носит транзиторный адаптационно-восстановительный характер и отражает физиологическую «цену» гепатопротекции. Современные транскриптомные исследования показывают, что пробиотики *Bacillus subtilis* способны модулировать экспрессию генов в печени, подавляя провоспалительные сигнальные пути и активируя метаболические процессы репарации [9].

При гистологическом исследовании структура паренхимы печени цыплят-бройлеров всех групп в возрасте 1-х суток имела гомогенный незрелый вид, печеночные балки были неразличимы, синусоиды различались с трудом. Цитоплазма гепатоцитов была тотально заполнена оптически прозрачными везикулами, ядра были округлыми, везикулярными с мелкодисперсным хроматином. Центральные вены и портальные тракты определялись отчетливо, вокруг последних отмечался умеренный периваскулярный отек (рис. 1).

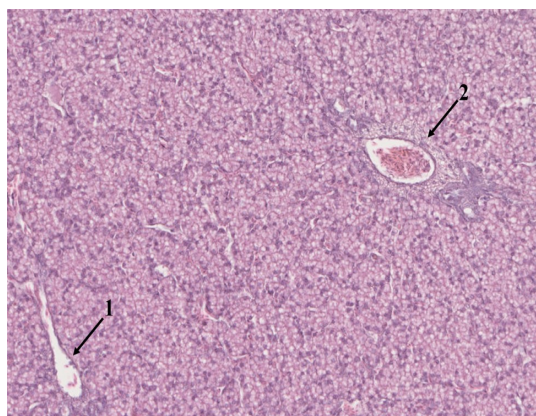


Рисунок 1 — Паренхима печени 1-суточного цыпленка-бройлера перед разделением на группы: 1 – центральная вена; 2 – ветвь портальной вены в составе портального такта
Гематоксилин+эозин, $\times 100$.

При микроскопии препаратов печени 7-суточных цыплят-бройлеров гистоархитектоника имела более зрелый вид, визуализировались печеночные балки и синусоиды. Цитоплазма гепатоцитов была неоднородная, ацидофильная с неравномерно расположенными оптически про-

зрачными вакуолями. Ядра сохраняли везикулярный вид и округлую форму. Центральные вены и портальные тракты определялись отчетливо. В интерстициальном пространстве обнаруживали одиночные островки миелоидной ткани – очаги экстрамедуллярного гемопоэза (рис. 2).

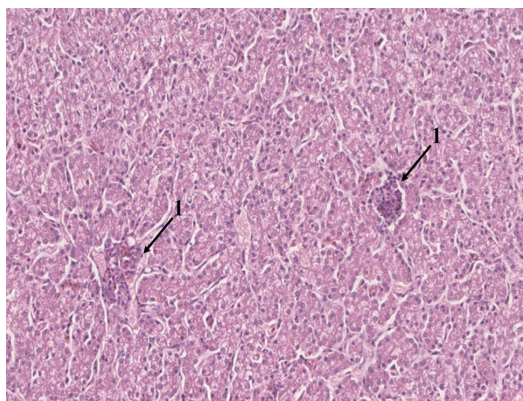


Рисунок 2 — Паренхима печени 7-суточного цыпленка-бройлера 1 группы: 1 – очаги экстрамедуллярного кроветворения. Гематоксилин+эозин, $\times 100$.

К 14-м суткам строение паренхимы печени цыплят-бройлеров приобретало типичное для печени трабекулярное строение с радиально направленными трабекулами вокруг центральных вен (рис. 3). Цитоплазма гепатоцитов

была слабо зернистой, менее ацидофильной, без крупных везикул. Ядра гепатоцитов были округлыми, везикулярными или пикнотическими. Сохранялись интерстициальные очаги экстрамедуллярного кроветворения.

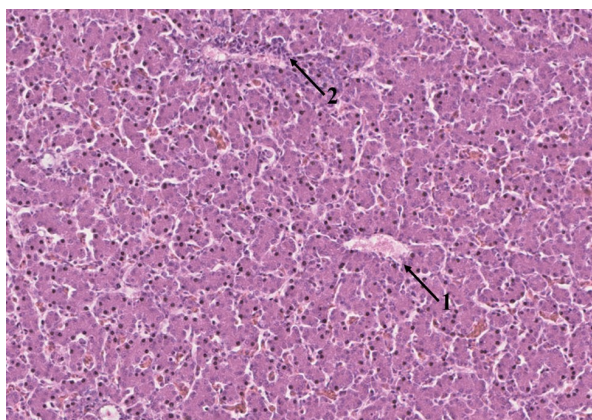


Рисунок 3 — Паренхима печени 14-суточного цыпленка-бройлера из 3 группы (энрофлоксацин): 1 – центральная вена; 2 – периваскулярный очаг экстрамедуллярного кроветворения. Гематоксилин+эозин, $\times 100$.

При этом в 50% гистологических препаратов птиц 3 группы отмечалась тенденция к централобулярному полнокровию. Синусоиды

в центральных отделах печёночных долек были расширены и заполнены ядерными эритроцитами (рис. 4).

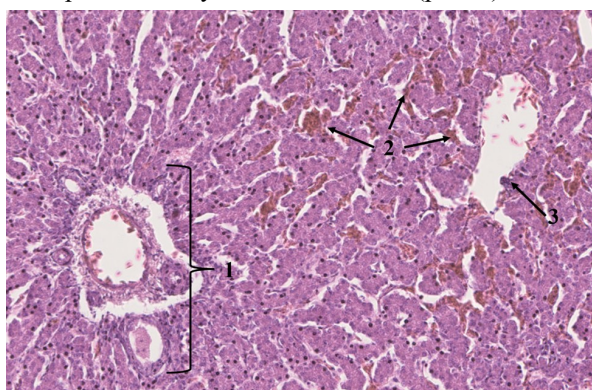


Рисунок 4 — Паренхима печени 14-суточного цыпленка-бройлера из группы 3 (энрофлоксацин); полнокровие синусоид в центральных отделах дольки (справа): 1 – портальный тракт; 2 – скопления эритроцитов в синусоидах; 3 – центральная вена. Гематоксилин+эозин, $\times 100$.

У цыплят группы 4 также было выявлено полнокровие паренхимы, однако его выраженность была значительно

ниже, а доля гистологических препаратов с полнокровной печенью составила 28,6% (рис. 5).

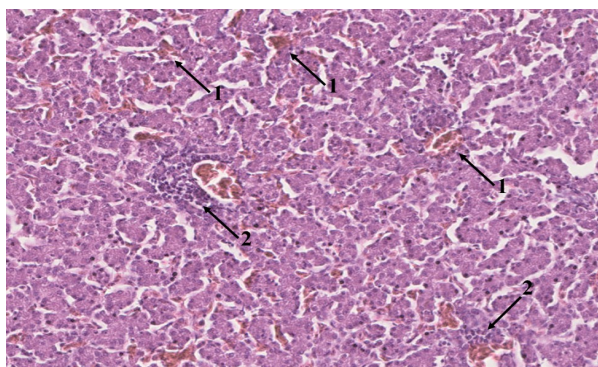


Рисунок 5 — Паренхима печени 14-суточного цыплёнка-бройлера из группы 4 (энрофлоксацин + пробиотик); умеренное полнокровие синусоид: 1 – небольшие скопления эритроцитов в синусоидах; 2 – очаги экстрамедуллярного кроветворения. Гематоксилин+эозин, $\times 100$

Строение паренхимы печени цыплят-бройлеров 21-суточного возраста не имело значительных отличий от строения печени 14-суточных животных. Трабекулы оставались отчетливыми, разделяющие их синусоиды формировали сосудистую сеть, пронизывающую все дольки. Цитоплазма гепатоцитов была умеренно ацидофильной,

гомогенной или слабо зернистой. Ядра гепатоцитов были округлыми и везикулярными с зернистым хроматином или пикнотическими. Отмечали незначительную перипортальную лимфоидную инфильтрацию (рис. 6). Значимых различий при микроскопии между группами выявлено не было.

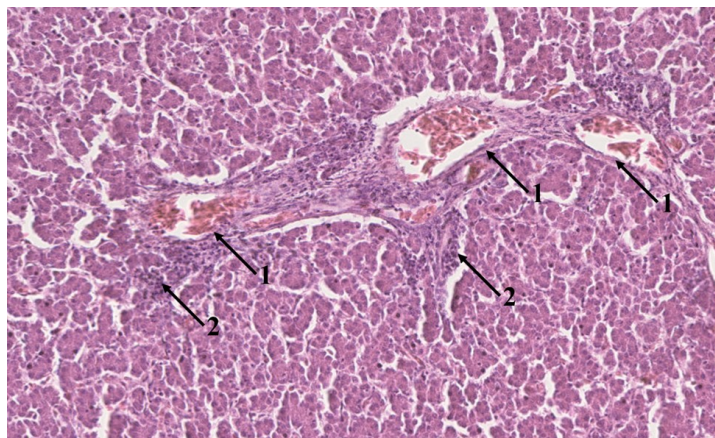


Рисунок 6 — Паренхима печени 21-суточного цыплёнка-бройлера 3 группы; незначительная перипортальная лимфоидная инфильтрация: 1 – вены портального тракта; 2 – периваскулярные лимфоидные скопления. Гематоксиллин+эозин, $\times 100$

Таким образом, результаты морфогистологического исследования подтверждают, что энрофлоксацин индуцирует преходящие нарушения микроциркуляции в печени бройлеров по типу центрлобулярного полнокровия, пик которых приходится на 14-е сутки. Последующее применение пробиотика на основе *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D демонстрирует выраженный протекторный потенциал, значимо снижая частоту и выраженность этих патологических изменений, что обосновывает целесообразность его включения в схемы выращивания птицы для коррекции медикаментозных гепатопатий. Полученные результаты согласуются с исследованиями других авторов, показавших, что штаммы *Bacillus subtilis* снижают окислительный стресс и повреждение печени у бройлеров при воздействии токсинов [10].

Выводы. Применение энрофлоксацина у цыплят-бройлеров вызывает транзиторные микроциркуляторные нарушения в печени в

виде центрлобулярного полнокровия, достигающие максимума к 14-м суткам жизни, что выявлено в 50% гистологических препаратов.

Включение пробиотика на основе *Bacillus subtilis* ВКМ В3701D в схему после курса энрофлоксацина достоверно снижает частоту (до 28,6%) и выраженность центрлобулярного полнокровия на 14-е сутки, что свидетельствует о его гепатопротекторном действии.

К 21-м суткам жизни морфологические изменения печени во всех группах нивелируются, что указывает на высокие репаративные способности гепатобилиарной системы цыплят-бройлеров.

Комбинированное применение энрофлоксацина и пробиотика сопровождается временным снижением живой массы к 21-м суткам – до $882,21 \pm 24,28$ г против $968,74 \pm 21,49$ г в контроле ($p < 0,001$), что, вероятно, связано с перераспределением ресурсов на восстановительные процессы в печени.

Литература

1. Лаптев Г. Ю., Тюрина Д. Г. Проблемы применения антибиотиков в птицеводстве // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. № 2. С. 123–128. EDN: FZQOVK.
2. Сулайманова Г. В., Донкова Н. В. Контаминация антибиотиками животноводческой и птицеводческой продукции // Вестник КрасГАУ. 2020. № 6 (159). С. 87–92. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-87-92>.
3. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production / M. E. Abd El-Hack, M. T. El-Saadony, H. M. Salem [et al.] // Poultry Science. 2022. Vol. 101, No. 4. P. 101696. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101696>.
4. Показатели, характеризующие состояние гепатобилиарной системы цыплят при действии пробиотика и энрофлоксацина / У. А. Круть, М. С. Потапова, Г. М. Шайдурова [и др.] // Международный вестник ветеринарии. 2025. № 4. С. 367–376. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.4.367>.
5. Sureshkumar V., Sarathchandra G., Ramesh J. Biochemical, histopathological and ultra structural profile after pulsed water medication of enrofloxacin in broiler chickens // Veterinary World. 2013. Vol. 6, No. 9. P. 668–673. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2013.668-673>.
6. Marek's disease vaccination, with turkey herpesvirus, and enrofloxacin modulate the activities of hepatic microsomal enzymes in broiler chickens / D. Sakar, G. Nagy, M. Kulcsár [et al.] // Acta Veterinaria Hungarica. 2004. Vol. 52, No. 2. P. 229–238. <https://doi.org/10.1556/AVet.52.2004.2.10>.
7. Hepatic oxidative stress and histopathological alterations in broilers exposed to enrofloxacin / Y. Zhang, Y.

Wang, L. Chen [et al.] // Poultry Science. 2022. Vol. 101, No. 3. P. 101678. [https://doi.org/ 10.1016/j.psj.2021.101678](https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101678).

8. Effects of antibiotic growth promoters on liver morphology and function in commercial laying hens / X. Li, H. Liu, J. Zhang [et al.] // Veterinary Research Communications. 2023. Vol. 47, No. 2. P. 789–798. <https://doi.org/10.1007/s11259-022-10035-4>.

9. RNA Sequencing-Based Transcriptome Analysis of Liver in Laying Hens Supplemented with Dietary Probiotic Bacillus Species and Prebiotic Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Cell Walls / A. E. Abudabos, Z. M. Hakami, A. R. Al Sulaiman [et al.] // Veterinary Sciences. 2025. Vol. 12, No. 9. P. 822. [https://doi.org/ 10.3390/vetsci12090822](https://doi.org/10.3390/vetsci12090822).

10. Probiotic *Bacillus subtilis* reduces liver injury and oxidative stress in broilers challenged with lipopolysaccharide / Y. Wang, A. Li, L. Zhang [et al.] // Poultry Science. 2023. Vol. 102, No. 5. Article 102567. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102567>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Круть Ульяна Александровна – кандидат биологических наук, доцент кафедры микробиологии и биотехнологии, e-mail: krut@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6341-9750>

Ефимова Виктория Алексеевна – лаборант биологического учебно-научного комплекса «Инновационные решения», e-mail: vikysa200367@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9134-473X>

Выросткова Алина Сергеевна – лаборант регионального микробиологического центра, e-mail: 1554946@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4601-8870>

Болгов Антон Алексеевич – аспирант, e-mail: bolgov_a@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9708-8181>

Ахлупкина Софья Сергеевна – лаборант биологического учебно-научного комплекса «Инновационные решения», e-mail: sofyaahapkina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3025-7812>

Белгородский национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

PROTECTIVE EFFECT OF A PROBIOTIC ON MORPHOFUNCTIONAL INDICATORS OF THE LIVER OF BROILER CHICKENS WITH ENROFLOXACIN-INDUCED HEPATOPATHY

U. A. Krut, V. A. Efimova, A. S. Vyrostkova, A. A. Bolgov, S. S. Akhapkina

Abstract. The aim of the study was to evaluate the protective effect of a probiotic based on *Bacillus subtilis* BKM B3701D on morphofunctional indicators of the liver of broiler chickens with enrofloxacin-induced hepatopathy. The experiment was carried out on 100 broiler chickens of Ross-308 line from day 1 to day 21 of life. Birds were divided into 4 groups: control (standard diet), probiotic (probiotic administered daily from day 1 to day 20 at a dose of 1 g/kg of body weight), enrofloxacin (200 mg/l of water for the first 5 days), enrofloxacin + probiotic (enrofloxacin for the first 5 days, followed by probiotic from day 6 to day 20). On 1, 7, 14 and 21 days of life birds were slaughtered, body and liver weights were determined and liver histology was performed using hematoxylin and eosin staining. It was found that enrofloxacin causes centrilobular hepatic hyperemia of liver of 14-day-old chickens (detected in 50% of histological preparations). The frequency of hyperemia decreased to 28.6% and its severity was moderate in the group with the combined use of an antibiotic and subsequent probiotic. Morphological changes in all groups leveled out by the 21st day of life. Live weight in the enrofloxacin group on the 14th day was lower, than the control (479.02 ± 18.10 g versus 507.72 ± 7.71 g, $p < 0.05$), but differences disappeared by the 21st day. Live weight was reduced on the 21st day in the enrofloxacin + probiotic group (882.21 ± 24.28 g versus 968.74 ± 21.49 g in the control, $p < 0.001$), which may be associated with the redistribution of resources to reparative processes in the liver. The obtained results indicate the hepatoprotective potential of *Bacillus subtilis* BKM B3701D probiotic, which is capable of reducing microcirculatory disorders caused by enrofloxacin and justify its inclusion in broiler growing regimens to reduce the drug load on the liver.

Key words: probiotic, enrofloxacin, hepatoprotective effect, broiler chickens, morphofunctional indicators of liver, histology, antibiotic alternatives, poultry farming.

For citation: Krut U.A., Efimova V.A., Vyrostkova A.S., Bolgov A.A., Akhapkina S.S. Protective effect of a probiotic on morphofunctional indicators of the liver of broiler chickens with enrofloxacin-induced hepatopathy. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 32-38. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_32

References

1. Laptev GYu, Tyurina DG. Problemy primeneniya antibiotikov v ptitsevodstve. Zdorovye – osnova che-lovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya. [Problems of antibiotic use in poultry farming. Health is the basis of human potential: problems and solutions]. 2020; 2. 123-128 p. EDN: FZQOVK.

2. Sulaymanova GV, Donkova NV. [Contamination of livestock and poultry products with antibiotics]. Vestnik KrasGAU. 2020; 6 (159). 87-92 p. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-6-87-92>.

3. Abd El-Hack ME, El-Saadony MT, Salem HM. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. Poultry Science. 2022; Vol.101. No.4. 101696 p. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101696>.

4. Krut UA, Potapova MS, Shaydorova GM. [Indicators characterizing the state of the hepatobiliary system of chickens under the action of a probiotic and enrofloxacin]. Mezhdunarodnyy vestnik veterinarii. 2025; 4. 367-376 p. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2025.4.367>.

5. Sureshkumar V, Sarathchandra G, Ramesh J. Biochemical, histopathological and ultra structural profile after pulsed water medication of enrofloxacin in broiler chickens. Veterinary World. 2013; Vol.6. No.9. 668-673 p. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2013.668-673>.

6. Sakar D, Nagy G, Kulcsar M. Marek's disease vaccination, with turkey herpesvirus and enrofloxacin modulate the activities of hepatic microsomal enzymes in broiler chickens. Acta Veterinaria Hungarica. 2004; Vol.52. No.2. 229-238 p. <https://doi.org/10.1556/AVet.52.2004.2.10>.

7. Zhang Y, Wang Y, Chen L. Hepatic oxidative stress and histopathological alterations in broilers exposed to enrofloxacin. Poultry Science. 2022; Vol.101. No.3. 101678 p.

<https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101678>.

8. Li X, Liu H, Zhang J. Effects of antibiotic growth promoters on liver morphology and function in commercial laying hens. *Veterinary Research Communications*. 2023; Vol.47. No.2. 789-798 p. <https://doi.org/10.1007/s11259-022-10035-4>.

9. Abudabos AE, Hakami ZM, Al Sulaiman AR. RNA sequencing-based transcriptome analysis of liver in laying hens supplemented with dietary probiotic bacillus species and prebiotic yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell walls. *Veterinary Sciences*. 2025; Vol.12. No.9. 822 p. <https://doi.org/10.3390/vetsci12090822>.

10. Wang Y, Li A, Zhang L. Probiotic *Bacillus subtilis* reduces liver injury and oxidative stress in broilers challenged with lipopolysaccharide. *Poultry Science*. 2023; Vol.102. No.5. Article 102567. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102567>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Krut Ulyana Aleksandrovna – Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Microbiology and Biotechnology Department, e-mail: krut@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6341-9750>

Efimova Victoriya Alekseevna – laboratory assistant of Biological Educational and Scientific Complex “Innovative solutions”, e-mail: vikysa200367@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-9134-473X>

Vyrostkova Alina Sergeevna – laboratory assistant of Regional Microbiology Center, e-mail: 1554946@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0009-0007-4601-8870>

Bolgov Anton Alekseevich – post-graduate student, E-mail: bolgov_a@bsuedu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9708-8181>

Akhapkina Sofya Sergeevna – laboratory assistant of Biological Educational and Scientific Complex “Innovative solutions”, e-mail: sofyaahapkina@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-3025-7812>

Belgorod National Research University, Belgorod, Russia.

МИКОЦЕНОЗ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕСТ СОДЕРЖАНИЯ СЛУЖЕБНЫХ СОБАК И ВЛИЯНИЕ НА МОРФОБИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОГО ПРИУРАЛЬЯ

И. О. Крылова, Ю. Р. Садыкова

Реферат. В статье дан анализ контаминации воздушной среды мест содержания служебных собак пород немецкая овчарка и бельгийская овчарка (малинуа) плесневыми микромицетами. Наиболее вероятным фактором обсемененности определен подстилочный материал. В будках вольеров служебных собак кинологических подразделений используется два типа подстилочных материалов – солома и мякина зерновых культур и стружка древесная в зависимости от сезона года и принадлежности к регионам Крайнего Севера. Показаны трудности с нормированием требований к качеству поставляемых подстилочных материалов при составлении технического задания по закупке при учете действующих ГОСТов. Представлены результаты микологического анализа воздушной среды седиментационным методом на среде Чапека. В условиях использования соломы как подстилочного материала обсемененность воздуха составила в среднем у взрослых собак – 17390,0 КОЕ/м³, у щенков – 6360,0 КОЕ/м³, что выше, чем при использовании древесной стружки (опила) – 1811,0 и 2038,0 КОЕ/м³ соответственно. Значимых различий в содержании микромицетов в комнатах хранения кормов и на кормокухне не выявлено, обсемененность варьировала в диапазоне от 127,4 до 169,8 КОЕ/м³. Количество плесневых грибов в месте хранения опила в 205 раз ниже, чем в сенике с соломой. Морфобиохимический профиль крови служебных собак отражает влияние разных подстилочных материалов. Показатели крови при использовании подстилки из соломы демонстрировали более низкую вариабельность. Достоверных отличий в основных гематологических показателях не отмечено, но доля моноцитов приближена к нижней границе нормы у собак этой группы. Статистически значима в этих условиях более высокая в 2 раза активность аспартатаминотрансферазы и на 40% выше – аланинаминотрансферазы, снижено количество белка и повышена концентрация креатинина в сыворотке, что показывает токсическую нагрузку на печень. Более выраженные изменения крови у малинуа.

Ключевые слова: содержание служебных собак, подстилочный материал, воздушная среда, грибовая контаминация, показатели крови.

Для цитирования: Крылова И.О., Садыкова Ю.Р. Микоценоз воздушной среды мест содержания служебных собак и влияние на морфобиохимические показатели крови в климатических условиях западного Приуралья // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 39-48. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_39

Введение. В системе содержания служебных собак кинологических служб обеспечение оптимальных условий среды является не только зоотехнической, но и ключевой биологической задачей, непосредственно влияющей на уровень работоспособности, здоровья и благополучия животных [1, 2]. Одним из критически значимых, но методологически недостаточно разработанных элементов этой среды выступает микроклимат мест содержания, формируемый подстилочным материалом. Выполняя функции терморегуляции, механической защиты и обеспечения комфорта, подстилочный материал одновременно представляет собой динамичный компонент микробоценоза вольера, находящийся в постоянном взаимодействии с организмом животного.

Вместе с тем, опыт применения нормативной базы по техническим условиям применения используемых подстилочных материалов неоднозначен: если стружка древесная регламентирована стандартом (ГОСТ 5244-79), то качество соломы и мякины зерновых культур подкрепляется только карантинным сертификатом (в соответствии с приказом Минсельхоза России от 30.07.2020 № 432) и ветеринарным сопроводительным документом (в соответствии с приказом Минсельхоза России от 18.12.2015 г. № 648). Технические условия прописаны в недействующем республикан-

ском стандарте (РСТ РСФСР 384-83). Ведомственные документы устанавливают унифицированные, жесткие нормы по видам и срокам замены и не учитывают комплекс абиотических (регион расположения военного округа, климат, сезонность, температурно-влажностный режим), биологических (период онтогенеза: указаны только взрослые собаки и щенки до шестимесячного возраста) и индивидуальных факторов. В техническом задании для госконтракта на поставку подстилочных материалов для штатных собак в качестве подконтрольного документа используется нормативно-техническая документация производителя. Поставляемые подстилочные материалы, зачастую ненадлежащего качества, с признаками гнили, заплесневелости, затхлости (рис. 1). Такой подход создает системную проблему: формальное соблюдение норм не всегда обеспечивает высокий уровень биологической безопасности, что ведет к снижению эффективности содержания.

Анализ нормативной базы и практики свидетельствует о существенном методологическом разрыве. Существующие регламенты фокусируются на количественных показателях (объем, периодичность), игнорируя необходимость качественной, критериальной оценки самого материала и его влияния на микроэкологию среды мест содержания служебного

поголовья. Не смотря на то, что в ведомственном приказе есть указание на ежедневную смену подстилки, постоянно формулируются запросы к руководству о нецелесообразности выдачи подстилочного материала на щенков, находящихся после рождения под сукой, а также дачу его в летнее время.

Полностью отсутствует научно обоснованная система оценки рисков микологической

контаминации. Известно, что подстилка, особенно при несвоевременной замене в условиях повышенной влажности, трансформируется из элемента комфорта в активный источник грибковой инфекции (плесневые грибы родов *Aspergillus*, *Penicillium*, дерматофиты) и, в свою очередь, провоцирует респираторные патологии и дерматомикозы, аллергические реакции и общую иммуносупрессию у животных [3, 4].



Рисунок 1 – Солома и мякина зерновых культур, используемая в качестве подстилочного материала: 1 – кондиционная; 2 – некондиционная

Проблема оценки грибковой контаминации в воздушной среде помещений различного функционального назначения рассматривается постоянно [5], но ее нормирование до сих пор затруднено [6, 7]. Так, стандарт (ГОСТ 12.1.005-88) определяет требования к микроклимату рабочей зоны предприятий народного хозяйства (микробный аэрозоль животноводческих и птицеводческих производственных помещений – при наличии в составе аэрозоля грибов рода *Aspergillus* не более 20% и грибов рода *Candida* не более 0,04% от общего количества грибов, сальмонелл не более 0,1%, кишечной палочки и гемолитических штаммов не более 0,02% от общего количества бактерий), но не распространяет их на рабочие места в т. ч. в животноводческих и птицеводческих помещениях, помещениях для хранения сельскохозяйственных продуктов, холодильниках и складах. Многие исследователи, все больше сходясь во мнении, использовать в качестве критерия, определяющего необходимость корректирующих мероприятий, суммарное содержание плесневых грибов в воздухе помещений, не превышающее 500 КОЕ/м³ [8, 9, 10]. В то же время, анализ нормативных размеров древесной стружки позволяет судить о потенциально опасных для здоровья размерах частиц деревянной пыли (IV класс опасности по ГОСТ 12.1.005-88). Согласно стандарту (ГОСТ Р ИСО 16000-34-2020), параметры взвешенных в воздухе замкнутых помещений частиц находятся в широком диапазоне от нескольких нанометров до 100 мкм, что сопоставимо с размерами древесной пыли. Анализ диапазонов фракций типичной атмосферной пыли показывает, что вредная для легких пыль с размерами от 0,05 до 5 мкм – также соотносится с размерами древесной пыли, сопутствующей древесной

стружке и размерами конидий грибов (от 0,5 до 3 мкм). Находясь и осуществляя смену подстилочного материала, специалисты-кинологи субъективно отмечают увеличение количества пыли, наблюдают респираторные синдромы и другие отклонения со стороны органов дыхания, как личного состава, так и служебных животных.

Как доказано многими исследователями, внутренняя среда организма животного чутко реагирует на влияние внешних факторов. Физиологические механизмы адаптации проявляются в компенсаторной работе разных систем организма, интегрально отражаясь в показателях крови. Следовательно, оценка морфологических и биохимических параметров крови служебных собак позволяет говорить о системных влияниях внешних факторов, в особенности, токсических и повреждающих, таких как загрязненный и не соответствующий санитарным и гигиеническим нормам подстилочный материал при вольерном содержании собак в силовых ведомствах.

Цель исследования: изучить степень грибковой контаминации воздушной среды в местах содержания служебных собак при использовании различных подстилочных материалов и оценить их влияние на морфологические и биохимические показатели крови животных.

Условия, материалы и методы. Исследование проводилось в кинологическом городке Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации. Для достижения цели исследования был произведен анализ данных за 2023, 2024, 2025 года. В периоды применения подстилочных материалов, согласно ведомственному Приказу Росгвардии – соломы и мякны зерновых культур (с 15 октября текущего года по 15 апреля следующего года и с 15 сентября

по 15 мая в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях) и стружки древесной (с 16 апреля по 14 октября и с 16 мая по 14 сентября в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях). После визуального обследования вольера, измерения влажности и температуры воздушной среды, осуществлялся отбор микробиологических проб воздушной среды будки вольера на предмет контаминации плесневыми микромицетами. Всего исследовано 96 проб воздушной среды будок взрослых собак и щенков, кормокухни, комнаты хранения кормов, сенника.

Микробиологические пробы отбирались в дневное время, в отсутствие животных: не менее чем в трех точках будки вольера или помещения устанавливались чашки Петри со средой Чапека для выделения плесневых микромицетов седиментационным методом (методом Коха). Чашки для отбора размещали горизонтально, непосредственно на подстилке, оставляли открытыми в течение 20 минут. После отбора проб, чашки Петрис посевами помещали в термостат на 18-24 ч при температуре 26 °C в течение 5-7 суток, для выделения плесневых грибов. Контаминацию воздушной среды будки вольера оценивали по количеству колониеобразующих единиц (далее – КОЕ) в пересчете на 1 кубометр воздуха.

Выделение микромицетов в период исследования проводилось на кафедре биологии кинологоического факультета военного института. По идентификации микроорганизмов получены протоколы № 04-4907.1 от 14.10.2025 г., № 04-124.1 от 21.01.2026 г. ГБУВК «Пермский ветеринарный диагностический центр». Методом опроса после разработки авторской анкеты выяснено отношение курсантов-кинологов к выбору подстилочного

материала.

Во время плановой диспансеризации за периоды 2023, 2024 и 2025 гг. в крови, полученной натошак стандартной венепункцией без принудительной фиксации животных, с соблюдением биоэтических принципов, на гематологическом и биохимическом ветеринарных анализаторах ветеринарного кабинета кинологоического городка определялись количества форменных элементов, гемоглобина, гематокрит, лейкоцитарная формула, концентрации общего белка, креатинина, активность ферментов аланин- и аспартатаминотрансфераз (далее – АЛТ и АСТ соответственно). Кормление собак было организовано согласно штатному приказу готовыми полнорационными кормами. Формировались группы -аналоги с учетом типа подстилочного материала. Всего проанализирована кровь 51 взрослой служебной собаки в возрасте от 1 года до 5 лет пород немецкая овчарка и бельгийская овчарка (малинуа), из них 24 животных содержались на подстилке из соломы, 17 – из стружки древесной. Сравнительный анализ проведен в целом между выборками и с учетом породной принадлежности.

Полученные данные обработаны с помощью пакета статистических программ «STADIA 6.0». Результаты считались значимыми при $p \leq 0,05$ для биологических объектов (95,0% уровень достоверности).

Результаты и обсуждение. Проведена сравнительная микробиологическая оценка воздушной среды помещений кинологоического городка, будок вольеров щенков и взрослых собак служебных пород по показателям обсемененности плесневыми микромицетами при использовании разных подстилочных материалов (табл. 1).

Таблица 1 – Количественный состав плесневых микромицетов в воздушной среде помещений кинологоического городка, КОЕ/м³

№ п/п	Место забора проб	Подстилочный материал	
		Солома зерновая	Стружка древесная
1	Кормокухня	169,8 ± 78,30	
2	Комната хранения кормов	127,4 ± 46,52	
3	Сенник	46630 ± 267,00	227,4** ± 54,36
4	Будка вольеров щенков	6360* ± 2547,00	2038 ± 1367,00
5	Будка вольеров взрослых служебных собак	17390* ± 5261,00	1811 ± 743,70

Примечание: * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,001$

Количественный анализ контаминации воздушной среды помещений кинологоического городка спорами плесневых микромицетов выявил статистически значимые и эпидемиологически важные закономерности. В помещениях, не связанных с хранением подстилочных материалов (кормокухня, комната хранения кормов), концентрация спор находилась в диапазоне 127,4-169,8 КОЕ/м³. Эти значения могут рассматриваться как фоновые для данных объектов и соответствуют уровням, характерным для помещений с регулярной

уборкой и отсутствием явных источников биологического аэрозоля.

Сравнительный анализ в месте хранения подстилочных материалов, выявил определяющее влияние материала на качество воздушной среды. Так, солома зерновая продемонстрировала свойства мощного резервуара и источника спор плесневых грибов. В сеннике концентрация спор достигла экстремально высокой величины 46630±267 КОЕ/м³, что на два порядка превышает рекомендуемые нормы. Древесная стружка в том же помещении (сенник)

обеспечивала концентрацию спор, значимо меньшую – $227,4 \pm 54,36$ КОЕ/м³ (при $p \leq 0,001$), что не превышает референсные уровни. Это доказывает, что высокая контаминация воздуха связана именно с биологическими свойствами соломы.

В воздушной среде вольеров для собак выявлена аналогичная, хотя и менее выраженная, закономерность. При использовании соломы уровни контаминации составили $6360,0 \pm 2547$ КОЕ/м³ – в будках щенков и 17390 ± 5261 КОЕ/м³ – в будках взрослых собак. Данные значения создают постоянный риск развития респираторных аллергозов, аспергиллезов и других микозов у животных, особенно у сенситизированных собак и щенков. Большие значения ошибки средне-

го свидетельствуют о высокой вариабельности контаминации между отдельными будками, что может быть связано с разной степенью увлажнения или локального загнивания подстилки. Древесная стружка в этих же условиях обеспечила достоверное в 3–9 раз снижение концентрации спор до 2038 ± 1367 КОЕ/м³ у щенков и $1811 \pm 743,70$ КОЕ/м³ – у взрослых собак соответственно. Несмотря на то, что эти показатели превышают фоновый уровень, микологическая нагрузка на животных и персонал при использовании стружки существенно ниже.

Идентификация выделенных видов грибов и отнесение их к группам патогенности (СанПиН 3.3686-21), являются критически важными для оценки биологических рисков (табл. 2).

Таблица 2 – Качественный состав плесневых микромицетов в воздушной среде помещений кинологического городка

№ пп	Доля встречаемости в подстилочном материале, %		Группа патогенности
	Солома зерновая	Стружка древесная	
1	<i>Mucor spp.</i> (68,00)	<i>Mucor spp.</i> (11,10)	IV
2	<i>Aspergillus niger</i> (16,00)	<i>Aspergillus niger</i> (11,10)	IV
3		<i>Aspergillus fumigatus</i> (33,35)	III
4		<i>Aspergillus flavus</i> (11,10)	IV
5	<i>Cladosporium sp.</i> (16,00)	<i>Cladosporium sp.</i> (33,35)	-

Примечание: «-» - нет данных, обсемененность спорами кладоспориумом регламентирована для санитарной оценки холодильных камер по степени зараженности их плесенью (Инструкция по определению зараженности плесенью холодильных камер предприятий мясной промышленности, 1974).

Обсемененность воздушной среды вольеров при использовании в качестве подстилки соломы выявила доминирование спор плесневого микромицета вида *Mucor spp.* (68,0%) (рис. 2). Согласно Определителю (Билай В.И., Курбацкая З.А. *Определитель токсинообразующих микромицетов...* Киев: Наукова думка, 1990. - 236 с.), некоторые представители грибов этого рода могут вызывать кожные и легочные инфекции. Описаны перитонит, связанный с перитонеальным диализом, септический артрит и заболевания слизистых

оболочек.

В стружке древесной загрязнение распределено между двумя основными родами микромицетов *Cladosporium* и *Aspergillus* – 33,35 и 55,55% соответственно, а доля контаминантов рода *Mucor* – 11,10%. Критическим отличием является видовое разнообразие микромицетов рода *Aspergillus*: в стружке присутствует значительное количество *A. fumigatus* (33,35%) – опасного патогена для дыхательной системы животных и человека, III группа патогенности.

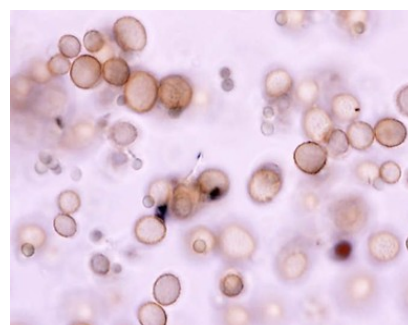


Рисунок 2 – Микромицеты рода *Mucor*: 1 – Спорангий со со спорангиоспорами *Mucor spp.*; 2 – Спорангиоспоры *Mucor spp.*

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что зерновая солома является экологически неблагоприятным материалом для использования в качестве подстилки в закрытых помещениях кинологических центров. Ее гигроскопичность и наличие остаточных питательных веществ создают оптимальные условия для развития сапротрофных микромицетов родов *Aspergillus*, *Cladosporium* и других, представители которых являются потенциальными патогенами и аллергенами. Древесная стружка,

особенно лиственных пород, представляет собой менее питательный для микромицетов субстрат с лучшими дренажными свойствами, что подтверждается значимо более низкими уровнями контаминации воздуха.

С целью выявления критериев оценки использования подстилочного материала, разработана авторская анкета и проведен опрос курсантов-кинологов, закрепленных за служебными собаками. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты анкетирования курсантов-кинологов по применению подстилочных материалов в процессе ухода за содержанием служебного поголовья, доля от опрошенных, %

Критерий оценки	Солома зерновая	Стружка древесная
1. Степень загрязненности кабины (будки) вольера: - сильно загрязнена продуктами жизнедеятельности и подстилочным материалом - умеренно загрязнена - слабо загрязнена	18,0 77,0 5,0	11,0 33,0 46,0
2. Когда была произведена замена подстилочного материала: - день назад - один – три дня назад - три и более дней	58,0 34,0 8,0	64,0 20,0 13,0
3. Количество добавленного подстилочного материала: - вносят 400 грамм - 800 грамм - 1600 грамм и более - не добавляют, вследствие аллергических реакций	5,0 39,0 56,0 –	20,0 42,0 35,0 3,0
4. Дополнительные сведения: - собаки едят подстилку - у собак проявляются аллергические реакции - собаки растаскивают подстилку за пределы будки - подстилка загрязнена продуктами жизнедеятельности	+	– + + +

Курсанты затруднялись в идентификации аллергических реакций, но в ходе сопутствующих исследований и мониторинга состояния служебного поголовья отмечены случаи возникновения аллергических проявлений. По данным ветеринарного специалиста, именно в зимний период проявление аллергии (в т. ч. слезотечение, дерматиты) выявлено у 24,0% голов служебных животных: у служебных собак породы бельгийская овчарка (малинуа) наблюдались алопеции в подмышечных и паховых областях, покраснение кожи, расстройства функций желудочно-кишечного тракта, у собак породы немецкая овчарка отмечен случай серозного двухстороннего конъюнктивита. При копрологическом

исследовании в фекалиях собак были выявлены примеси в виде сухой травы, семян злаков, пыльца.

Анкетирование показало, что не соблюдается нормативный режим смены подстилочного материала и по количеству, и по суточной потребности собаки. В качестве негативного фактора можно отметить загрязненность подстилочного материала и регистрация аллергических реакций со стороны иммунной системы собак при содержании на соломе зерновой у ряда животных.

Проанализирован температурно-влажностной режим по сезонам различных климатических зон (табл. 3, рисунки 3 и 4).



Рисунок 3 – Климатические зоны Российской Федерации
[URL: <https://питомник-с.пф/services/2955874>]



Рисунок 4 – Уральский федеральный округ на карте федеральных округов войск национальной гвардии Российской Федерации
[URL: <https://rosguard.gov.ru/opendata#>]

Федеральные округа: Уральский, Сибирский, Дальне-Восточный, находятся в климатических зонах №№ 3, 4 и особой. В климатической зоне № 1 находятся подразделения воинских частей Северо-кавказского и Южного федеральных округов. Она характеризуется тем, что температура воздуха зимой едва может достигать -10°C , а летом – от $+35^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$, влажность низкая, скорость ветра – до 5-6 м/с. В зонах №№ 2 и 3 находятся подразделения Приволжского федерального округа, а в №№ 3, 4 и особом – Уральский и Сибирский федеральные округа. Особым разнообразием температурно-влажностного режима характеризуется Северо-западный и Дальневосточный федеральные округа, в которых подразделения находятся сразу в четырех климатических зонах.

Анализ показал, что чрезвычайно сложно выявить закономерности с применением подстилочного материала по военным округам. Учитывая разную климатическую обстановку, мы не можем установить единый период по смене (замене) подстилочного материала. Так же проблемным вопросом может стать и породное разнообразие в контексте адаптации к различным климатическим условиям (выносливость, плотность шерстного покрова животного и пр.).

Общие закономерности изученных показателей морфологического и биохимического профиля крови у служебных собак приведены в таблице 4. Более качественным был состав крови собак во второй выборке, при использовании как подстилки стружки древесной. Мало отличались основные морфологические показатели крови. Однако более низкими, ближе к нижнему референтному значению, были уровни моноцитов у животных первой группы (при $p \leq 0,05$). Роль моноцитов в формировании ответа на инфекционные, в том числе, грибковой природы, агенты давно доказана, что поясняется вероятным влиянием на гемопоэз, либо ускоренным выделением в ткани [11].

Признакам гипопротеемии у 38% исследу-

емых собак в условиях действия микоценологических токсинов соломенной подстилки сопутствовал достоверно более высокий уровень креатинина, что говорит о сдвиге азотистого обмена.

Наряду с отмеченными выше сдвигами, в гомеостазе показателей крови у собак при содержании на подстилке из соломы, у 100% выборочной совокупности превышены значения АСТ и, в особенности АЛТ. Это является прямым доказательством гепатотоксического действия на паренхиму печени токсинов, выделяемых патогенной флорой подстилки. Рядом исследователей показано, что воздействие афлотоксинов при аспериллезах вызывает токсическую гибель гепатоцитов [12].

В качестве маркера повреждения печени при повышенных уровнях АСТ и АЛТ рекомендуют использовать коэффициент де Ритиса. Коэффициент у служебных собак, содержащихся на подстилке из соломы, синхронно повышенным значениям ферментов, составил $0,99 \pm 0,101$ ед./л с вариабельностью 24%, что ниже референтного интервала 1,33–1,75 ед./л. и достоверно ниже (при $p \leq 0,05$), чем в группе сравнения. Показано, что этот показатель при его низких величинах ниже нормы, как правило, говорит о сдвиге в работе гепатоцитов [13].

Общей особенностью показателей крови в условиях содержания собак на подстилке из опила стали их более широкие лимиты и высокая вариабельность лейкоформулы, концентрации креатинина и активности ферментов печени. В этих условиях у 14% животных, преимущественно у немецких овчарок, также отмечен сдвиг в сторону моноцитопении, но в отличие от группы сравнения, он был сопряжен со сдвигом лейкограммы вправо. Биохимические показатели, даже при коэффициенте вариации больше 50% не выходили за рамки нормативных границ.

ВЕТЕРИНАРИЯ

Таблица 3 – Температурно-влажностной режим по сезонам разных климатических зон (URL: <https://numomnik-c.pf/services/2955874>, <https://www.gismeteo.ru>)

Военный округ	Климатическая зона	Сезон	Температура, °C	Влажность, %
Центральный федеральный округ	2	Зима	(-3) - (-10)	90-96
		Весна	(-5) - (+18)	71-90
		Лето	(+12) - (+25)	69-71
		Осень	(-1) - (+16)	75-86
Северо-западный федеральный округ	2, 3, 4, особый	Зима	(-2) - (-8)	90-92
		Весна	(-4) - (+14)	70-87
		Лето	(+12) - (+23)	69-70
		Осень	(+1) - (+15)	78-87
Северо-кавказский федеральный округ	1	Зима	(+10) - (-20)	82-85
		Весна	(+30) - (-20)	69-77
		Лето	(+30) - (+40)	61-74
		Осень	(+25) - (-30)	61-75
Южный федеральный округ	1	Зима	(0) - (+7)	75-77
		Весна	(+3) - (+23)	66-71
		Лето	(+17) - (+32)	50-67
		Осень	(+5) - (+26)	56-68
Приволжский федеральный округ	2, 3	Зима	(-4) - (-12)	90-95
		Весна	(-7) - (+20)	66-93
		Лето	(+13) - (+27)	60-68
		Осень	(-2) - (+18)	67-82
Уральский федеральный округ	3, 4, особый	Зима	(-8) - (-18)	90-92
		Весна	(-1) - (+19)	56-90
		Лето	(+8) - (+25)	61-64
		Осень	(-2) - (+16)	67-83
Сибирский федеральный округ	3, 4, особый	Зима	(-11) - (-19)	91-92
		Весна	(-2) - (+15)	60-89
		Лето	(+11) - (+25)	60-67
		Осень	(-10) - (+14)	71-85
Дальневосточный федеральный округ	2, 3, 4, особый	Зима	(-12) - (-25)	90-94
		Весна	(-12) - (+19)	61-88
		Лето	(+13) - (+27)	72-78
		Осень	(-10) - (+19)	68-75

Таблица 4 – Морфо-биохимические показатели крови служебных собак при их содержании на разном подстилочном материале

Показатели крови		Солома зерновая (n=24)		Стружка древесная (n=17)	
		M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Эритроциты, × 10 ¹² /л		7,2 ± 0,13	8,5	7,1 ± 0,18	10
Гемоглобин, г/л		167,0 ± 2,7	8	166,0 ± 3,1	7
Лейкоциты, × 10 ⁹ /л		12,1 ± 0,52	21	11,9 ± 0,62	21
Лейкоцитарная формула, %	нейтрофилы	75,2 ± 0,18	8	76,0 ± 1,81	10
	лимфоциты	20,2 ± 1,17	27	18,9 ± 1,73	38
	моноциты	3,7 ± 0,12	16	5,0 ± 0,33*	33
	эозинофилы	2,3 ± 0,23	48	2,3 ± 0,36	65
Тромбоциты, × 10 ⁹ /л		284,0 ± 12,6	6,4	264,0 ± 17,8	28
Общий белок, г/л		57,6 ± 0,74	6	59,4 ± 0,77	5
Креатинин, мкмоль/л		85,5 ± 3,53	10	57,3 ± 5,29*	38
АЛТ (МЕд./л)		62,3 ± 9,98	39	39,6 ± 26,8*	27
АСТ (МЕд./л)		56,7 ± 3,49	15	25,4 ± 4,23*	69

Обнаружена специфичность реагирования некоторых показателей функционального состояния системы крови в соответствие с породной принадлежностью служебных собак, как тенденций, так и достоверно значимых отличий. В условиях использования как подстилочного материала соломы отмечено, что у малинуа более нормативен гематокрит. При этом достоверно выше на 10% количество эритроцитов у собак этой породы при использовании опила, что свидетельствует о некотором сгущении крови.

Сравнивая внутривидовые особенности состава крови при содержании животных на разном типе подстилочного материала, отмечена значимо более высокая реактивность ее показателей также у бельгийских овчарок нежели у немецких овчарок, по проценту моноцитов в лейкоформуле, гематокриту, показателю анизоцитоза эритроцитов и всех изучаемых биохимических показателей. У собак группы сравнения более стабильны морфобиохимические параметры крови, в меньшей степени варьируя при смене подстилки. Вероятно, имеются более низкие пороги чувствительности у малинуа к санитарному качеству подстилочного материала, что определяется, возможно, типом шерстного покрова и общей возбудимостью собак данной породы.

Следовательно, оценка морфобиохимических показателей крови отразила более негативное влияние на системы гомеостаза служебных собак условий содержания при использовании в качестве подстилки соломы. Не смотря на высокую вариабельность некоторых показателей крови и сдвиг лейкоформулы вправо у животных, для которых подстилочным материалом была стружка деревянная, в целом эта группа собак отличается более нормативным уровнем функционально-

го состояния, что вероятно связано с составом древесных материалов и бактерицидным действием древесных смол стружек.

Выводы. Воздушная среда кинологического городка характеризуется неоднородным распределением грибковой контаминации, уровень которой детерминирован, в первую очередь, типом используемого подстилочного материала. Зерновая солома идентифицирована как ключевой фактор биориска, приводящий к устойчивому сверхнормативному загрязнению воздуха спорами плесневых грибов (до 46630 КОЕ/м³).

Некоторые показатели крови отразили сдвиг гомеостаза внутренней среды организма на фоне использования разных подстилочных материалов для служебных собак. Уровень в крови эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов не отличался при использовании разной подстилки. При этом ряд показателей достоверно доказали негативное влияние использования соломы. Снижено количество моноцитов, белка, но высока концентрация креатинина и активность ферментов АСТ и АЛТ. Более выраженное действие данный тип подстилки оказывает на бельгийских овчарок.

Результаты исследования обосновывают необходимость пересмотра зоогигиенических протоколов в сторону ужесточения нормативных требований и правил приемки соломы от производителя и проведения регулярного микробиологического мониторинга воздушной среды помещений кинологического городка. Рекомендуются меры:

- необходимо следить за тем, чтобы качество подстилочного материала, попадающего в воинские части, соответствовало сертификату качества;
- показатели качества, пробы, отобранные в соответствии с правилами, не должны отличаться во всей поставленной партии;

- проводить ежедневную замену подстилочного материала с целью обеспечения биологической безопасности, соблюдения температурно-влажностного режима;

- добавлять подстилочный материал щенкам до отъема от матери, согласно нормы на взрослую собаку, особенно в районах с пониженной температурой воздуха и повышенной влажностью;

- специалисту-кинологу иметь навыки осмотра и мониторинга качества мест содержания и состояния служебной собаки, взаимодействовать с ветеринаром, исключать нарушения кормления и использования служебной собаки;

- в отрыве от пунктов постоянной дислокации, в том числе, в районах выполнения служебно-боевых задач, начальникам кинологической службы и самим кинологам учитывать климатические условия;

- при содержании служебных собак в местах временной дислокации, в том числе, в районах выполнения служебно-боевых задач, можно воспользоваться альтернативными подстилочными материалами (песчаная подстилка, резиновые маты, торфяная подстилка, древесные листья, древесные пеллеты, измельченная бумага, камыш, тростник и осока, мох).

Литература

1. Белопольский А. Е. Гигиена содержания собак // Нормативно-правовое регулирование в ветеринарии. 2023. № 1. С. 116-118. <http://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.116>. EDN YGOKOE
2. Cobb M. L., Otto C. M., Fine A. H. The Animal Welfare Science of Working Dogs: Current Perspectives on Recent Advances and Future Directions // Frontiers in Veterinary Science. 2021. Vol. 8. P. 666898. <http://doi.org/10.3389/fvets.2021.666898>. EDN SNAXCQ
3. Микробиологический анализ животноводческих помещений с подстилочными материалами / А. К. Галиуллин, В. Г. Софронов, Н. И. Данилова [и др.] // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2022. Т. 251. № 3. С. 77-83. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_251_77. EDN MFJGDW
4. Кривенок Л. Л. Изучение микробной обсемененности в помещениях для содержания крупного рогатого скота // Экология и животный мир. 2024. № 2. С. 38-43. EDN JVDHYB
5. Крылова И. О., Четина О. А., Жданов Р. Р. Оценка эффективности профилактических дезинфекционных мероприятий на основе комплексного анализа микробиома мест содержания служебных собак // Дезинфекционное дело. 2021. № 3(117). С. 5-15. <http://doi.org/10.35411/2076-457X-2021-3-5-15>. EDN EFOOGQ
6. Гигиеническая оценка микробиологической обсемененности внутренней среды помещений жилых и общественных зданий / Н. В. Калинина, А. В. Загайнова, С. М. Юдин [и др.] // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 7. С. 632-638. <http://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638>. EDN WDFKBP
7. Крылова И. О., Баландина С. Ю., Четина О. А. Комплексный анализ плесневых микромицетов жилых казарменных помещений. // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2019. (2). С. 167-174. <http://doi.org/10.17072/1994-9952-2019-2-167-174>. EDN NKTDVBX
8. Гигиенический контроль и оценка опасности загрязнения внутренней среды помещений микроскопическими грибами / Н. В. Калинина, В. Г. Слободян, Н. Ю. Стародубова [и др.] // Гигиена и санитария. 2024. Т. 103. № 10. С. 1141-1148. <http://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1141-1148>. EDN DWYUMQ
9. Микогенная контаминация жилых помещений как фактор биологического риска / Е. В. Халдеева, Н. И. Глушко, С. А. Лисовская [и др.] // Казанский медицинский журнал. 2020. № 101(4). С. 513-518. <http://doi.org/10.17816/KMJ2020-513>. EDN LWHWPF
10. Кряжев Д. В. Условно-патогенные плесневые грибы в воздушной среде городских помещений (аналитический обзор) // Журнал МедиАль. 2020. №2. С. 35-44. <http://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44>. EDN XJMWFW
11. GATA 2 Deficiency: Focus on Immune System Impairment / F. Fabozzi, A. Mastronuzzi, G. Ceglie [et al.] // Frontiers in Immunology. 2022; 13: 865773. <http://doi.org/10.3389/fimmu.2022.865773>
12. Шкуратова И. А., Дроздова Л. И., Белоусов А. И. Клинико-морфологические и биохимические проявления полимикотоксикозов у высокопродуктивных коров // Ветеринария Кубани. 2020. № 4. С. 14-17. <http://doi.org/10.333861/2071-8020-2020-4-14-17>. EDN WUIVSR
13. Козлов С. В., Калужный И. И. Клиническое значение определения аминотрансфераз при гепатозе у собак // Актуальные проблемы экономического оздоровления предприятий АПК: материалы науч.-практич. конф. Саратов, 2003. С. 220-222

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Крылова Ирина Олеговна* - кандидат биологических наук, профессор кафедры биологии, e-mail: irinabelevich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7731-5225>

Садыкова Юлия Рамисовна - кандидат биологических наук, заведующая кафедрой биологии, e-mail: devazod@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6005-2262>

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь, Россия.

MYCOCENOSIS OF AIR ENVIRONMENT OF SERVICE DOGS AND EFFECT ON MORPHOBIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF WESTERN URALS

I. O. Krylova, Yu. R. Sadykova

Abstract. This article analyzes the contamination of air environment in areas where German Shepherd and Belgian Shepherd (Malinois) service dogs are kept by mold microfungi. Bedding is identified as the most likely contaminant. Two types of bedding are used in the kennels of service dogs in canine units: straw and chaff from grain crops and wood shavings, depending on the season and region of the Far North. The article highlights the difficulties in standardizing the quality requirements for supplied bedding materials when drafting procurement specifications, taking into account current standards (GOST). The article also presents the results of mycological air environment analysis using the sedimentation method on Chapek medium. When straw was used as bedding, the average airborne microbial count was

17 390.0 CFU/m³ in adult dogs and 6 360.0 CFU/m³ in puppies, which is higher than when wood shavings (sawdust) were used (1,811.0 and 2,038.0 CFU/m³, respectively). No significant differences in the micromycete count were found in the feed storage rooms and in feed kitchen, with counts ranging from 127.4 to 169.8 CFU/m³. Mold counts in the sawdust storage area were 205 times lower than in the straw-filled hayloft. The morphochemical profile of the blood of service dogs reflects the impact of different bedding materials. Blood parameters demonstrated lower variability when using straw bedding. No significant differences in key hematological parameters were noted, but the monocyte percentage was close to the lower limit of normal in dogs of this group. Statistically significant changes under these conditions included a two-fold increase in aspartate aminotransferase activity and a 40% increase in alanine aminotransferase, decreased protein levels, and increased serum creatinine concentrations, indicating a toxic load on the liver. More pronounced blood changes were observed in Malinois.

Key words: maintenance of service dogs, bedding, air environment, fungal contamination, blood parameters.

For citation: Krylova I.O., Sadykova Yu.R. Mycocenosis of air environment of service dogs and effect on morphobiochemical parameters of blood in the climatic conditions of Western Urals. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 39–48. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_39

References

1. Belopolskiy AE. [Hygiene of dog keeping]. Normativno-pravovoe regulirovanie v veterinarii. 2023; 1. 116–118 p. <http://doi.org/10.52419/issn2782-6252.2023.1.116>. EDN YGOKOE
2. Cobb ML, Otto CM, Fine AH. The animal welfare science of working dogs: current perspectives on recent advances and future directions. Frontiers in Veterinary Science. 2021; Vol.8. 666898 p. <http://doi.org/10.3389/fvets.2021.666898>. EDN SNAXCQ.
3. Galiullin AK, Sofronov VG, Danilova NI. [Microbiological analysis of livestock buildings with bedding materials]. Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana. 2022; Vol.251. 3. 77–83 p. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_251_77. EDN MFJGDW
4. Krivenok LL. [Study of microbial contamination in buildings for keeping cattle]. Ekologiya i zhivotnyy mir. 2024; 2. 38–43 p. EDN JVDHYB
5. Krylova IO, Chetina OA, Zhdanov RR. [Evaluation of the effectiveness of preventive disinfection measures based on a comprehensive analysis of the microbiome of places where service dogs are kept]. Dezinfektsionnoe delo. 2021; 3 (117). 5–15 p. <http://doi.org/10.35411/2076-457X-2021-3-5-15>. EDN EFOOGQ
6. Kalinina NV, Zagaynova AV, Yudin SM. [Hygienic assessment of mycological contamination of the indoor environment of residential and public buildings]. Gigiena i sanitariya. 2023; Vol.102. 7. 632–638 p. <http://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-7-632-638>. EDN WDFKBP
7. Krylova IO, Balandina SYu, Chetina OA. [Comprehensive analysis of mold micromycetes of residential barracks premises]. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Biologiya. 2019; (2). 167–174 p. <http://doi.org/10.17072/1994-9952-2019-2-167-174>. EDN NKTDDBX
8. Kalinina NV, Slobodyan VG, Starodubova NYu. [Hygienic control and assessment of contamination risk of indoor environment with microscopic fungi]. Gigiena i sanitariya. 2024; Vol.103. 10. 1141–1148 p. <http://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-10-1141-1148>. EDN DWYUMQ
9. Khaldeeva EV, Glushko NI, Lisovskaya SA. [Mycogenic contamination of residential premises as a biological risk factor]. Kazanskiy meditsinskiy zhurnal. 2020; 101(4). 513–518 p. <http://doi.org/10.17816/KMJ2020-513>. EDN LWHWPF
10. Kryazhev DV. [Opportunistic mold fungi in the indoor air of urban areas (analytical review)]. Zhurnal MediAl. 2020; 2. 35–44 p. <http://doi.org/10.21145/2225-0026-2020-2-35-44>. EDN XJMWV
11. Fabozzi F, Mastronuzzi A, Ceglie G. GATA 2 deficiency: focus on immune system impairment. Frontiers in Immunology. 2022; 13. 865773. <http://doi.org/10.3389/fimmu.2022.865773>
12. Shkuratova IA, Drozdova LI, Belousov AI. [Clinical, morphological and biochemical manifestations of polymycotoxicosis in highly productive cows]. Veterinariya Kubani. 2020; 4. 14–17 p. <http://doi.org/10.333861/2071-8020-2020-4-14-17>. EDN WUIVSR
13. Kozlov SV, Kalyuzhnyy II. [Clinical significance of determining aminotransferases in hepatosis in dogs. Actual problems of economic recovery of agricultural enterprises]. Materialy nauch.-praktich. konf. Saratov. 2003; 220–222 p.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Krylova Irina Olegovna* - Ph.D. of Biological Sciences, Professor of Biology Department, e-mail: irinabelevich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7731-5225>

Sadykova Yuliya Ramisovna - Ph.D. of Biological Sciences, Head of Biology Department, e-mail: deva-zod@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6005-2262>

Perm Military Institute of National Guard Troops of the Russian Federation, Perm, Russia.

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ДОМАШНИХ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ЭВЕНСКОЙ ПОРОДЫ В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ**В. И. Максимов, Е. Ю. Федорова, А. Д. Козловский**

Реферат. Актуальность проведенного исследования обусловлена тем, что, несмотря на существующее множество исследований о типе и составе корма, потребляемого оленями в течение года, сезонно изменяющиеся биохимические показатели крови, выступающие маркерами потенциала роста телят, изучены недостаточно. В статье представлены результаты физиолого-биохимических исследований крови домашних северных оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе в зависимости от сезона года с особым акцентом на возраст. Оценку биохимических показателей крови таких, как активность щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы в сыворотке, содержание тироксина, кальция и неорганического фосфора, уровень глюкозы проводили в динамике, начиная с первых суток после рождения (1 сут., 6 сут., 1, 4, 7, 10 мес.), численность каждой возрастной группы составляла 10 голов. Установленные ($p < 0,01$) корреляционные взаимосвязи активности щелочной фосфатазы ($r = -0,81$) и креатинфосфокиназы ($r = -0,67$) крови с возрастом телят, связаны с интенсивным ростом костной ткани молодняка, когда велика потребность в неорганических фосфатах, а также ростом и развитием мышечной и нервной тканей, богатых креатинфосфокиназой. Уровень тироксина (Т4) в крови оленей демонстрирует наивысшие уровни в фазу новорожденности, что обусловлено перестройкой организма на новый ритм функционирования, сопровождающейся напряжением эндокринных механизмов регуляции в первые месяцы жизни. Установлено, что гелиогеофизические факторы среды достоверно влияют как на уровень ферментативной активности, так и уровень неорганического фосфора в крови животных. Выявленные сезонные и возрастные вариации физиолого-биохимических показателей крови северных оленей эвенской породы в совокупности с уже имеющимися данными авторов могут выступать некими маркерами потенциала роста телят, а также характеризовать метаболический профиль животных.

Ключевые слова: домашние северные олени, эвенская порода оленей, кровь, метаболизм, физиолого-биохимические показатели крови.

Для цитирования: Максимов В.И., Федорова Е.Ю., Козловский А.Д. Физиолого-биохимические показатели крови домашних северных оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 49-53. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_49.

Введение. Физиолого-биохимические показатели крови являются важным маркером при определении физиологического статуса и здоровья животного во все этапы постнатального онтогенеза и характеризуют рост и развитие, набор живой массы, продуктивность и функциональное состояние организма, что наиболее важно в раннем постнатальном онтогенезе [1]. Поскольку изменение состава крови часто отражает недавние изменения в качестве и количестве рациона, понимание метаболизма питательных веществ имеет решающее значение для интерпретации результатов. Более трех десятилетий назад [2] было введено «метаболическое профилирование» домашних жвачных (северные олени в их числе), при котором несколько составных частей крови, отражающих изменения в потреблении белка, энергии и минералов, используются для оценки физиологического статуса животных. Изменения в качестве и/или количестве рациона были показаны как влияющие на составные части крови, связанные с метаболизмом белков, углеводов, липидов и минералов, в исследованиях нескольких одомашненных видов жвачных, а также диких жвачных как в экспериментальных, так и в полевых условиях.

Олени испытывают экстремальные изменения в питании в течение года. Так, в летний и

осенний периоды их рацион состоит из различных высокопитательных растений и грибов и характеризуется высоким общим потреблением белков, минералов и энергии [3]. Зима и ранняя весна являются наиболее сложными периодами для выживания из-за плохой доступности и/или качества пищи, в связи с чем, рацион в основном состоит из наземных лишайников, которые богаты усвояемыми углеводами, но бедны белком (1,4–4,5% сырого протеина в сухом веществе) и минералами. Другие основные источники зимнего корма, такие как листья зимней травы и различные кустарники, имеют более высокое содержание сырого протеина (до 10%), чем лишайники [4].

Энергетические потребности оленей увеличиваются с размером тела, но значительно варьируются в зависимости от условий, с которыми сталкиваются животные. Зимой обмен веществ оленей замедляется по сравнению с летним временем, о чем свидетельствует прекращение роста. Согласно оценкам, представленным Е. Н. McEvan & Р. Е. Whitehead (1969), зрелая самка карibu (*Rangifer tarandus granti*) требует ежедневно около 29–38 МДж усвояемой энергии летом, тогда как зимой ей нужно около 21 МДж. Суточное количество усвояемой энергии, необходимое для роста плода (зимой) и производства молока (летом),

составляет 2,4 и 6,4 МДж соответственно. Поскольку энергетические потребности для роста плода увеличиваются в основном в последнем триместре беременности (примерно на 15%), неблагоприятные погодные или снежные условия, ограничивающие доступность корма, могут стать критическими факторами для успешности отела, что зависит от состояния матери в поздние сроки беременности [2].

Новорожденный теленок абсолютно зависит от молока, пока не развита функция рубца, обычно между 4 и 6 неделями жизни, и, следовательно, выживаемость и скорость роста потомства связаны с молочной продуктивностью самок и составом молока. Молоко оленей исключительно богато белком (около 10%) и жиром (около 20%) [5], хотя лактация начинается до того, как весь снег растает, и самки находятся в отрицательном энергетическом балансе [6]. Энергетическая отдача молока оленей сопоставима с таковой у других видов домашних животных в период пика лактации, при этом высокие показатели долго не поддерживаются.

Хотя в настоящее время существует множество исследований о типе и составе корма, потребляемого оленями в течение года, сезонно изменяющиеся биохимические показатели крови, выступающие маркерами потенциала роста телят, изучены недостаточно. В связи с чем, целью исследования явилось изучение физиолого-биохимических показателей крови домашних северных оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе в зависимости от сезона года, как гелиогеофизического фактора.

Условия, материалы и методы. Для проведения исследования были отобраны физиологически здоровые телята эвенской породы в критические фазы раннего постнатального онтогенеза. Согласно схеме опыта проведено общее обследование животных (термометрия, подсчет дыхательных движений и частота пульса). Взвешивание телят всех возрастных групп осуществляли на тележках-весах SALUTEM. Оценку физиолого-биохимических показателей крови проводили в динамике, начиная с первых суток после рождения (1 сут., 6 сут., 1, 4, 7, 10 мес.), численность каждой возрастной группы составляла 10 голов. Продолжительность эксперимента составила один календарный год с целью охвата всех сезонов года.

Опытные животные, разводимые в Центральном социально-экономическом районе Республики Саха (Якутия), находились в условиях вольного выпаса, на котором летом они питаются зеленой растительностью, содержащей необходимое количество питательных веществ, зимой – ягелем и подснежной травой, с чем связано снижение переваримого протеина в сутки при одновременном увеличении потребность в питательных веществах на 35% [3].

В соответствии с положениями Хельсин-

ской декларации для забора крови не использовались седативные средства или медикаменты. В экспериментальных исследованиях животные удерживались вручную для забора крови в небольшой клетке, в то время как в полевых исследованиях удержание проводилось вручную на земле с животным, лежащим на боку.

Сбор образцов крови из яремной вены осуществлялся в гепаринизированные пробирки, которые сразу после забора аккуратно переворачивались 8–10 раз для полного смешивания с антикоагулянтом, после чего проводилось центрифугирование в установленном режиме. В экспериментальных исследованиях плазма отделялась центрифугированием в течение 2 часов и хранилась при -20 °С до проведения анализа. В полевых исследованиях образцы крови центрифугировались в течение 6 часов, а затем хранились при -20 °С до проведения анализа.

Биохимические показатели крови, такие как активность щелочной фосфатазы и креатинфосфокиназы в сыворотке, содержание тироксина, кальция и неорганического фосфора, уровень глюкозы определяли по общепринятым методикам (Амиров Д.Р., Тамимдаров Б.Ф., Шагеева А.Р. *Клиническая гематология животных. Казань: Центр информационных технологий КГАВМ, 2020. 134 с.*). Полученные данные подвергались биометрической обработке с использованием программы STATISTICA 11.0.

Результаты и обсуждение. Как показало исследование значения температуры тела у животных всех возрастных групп колебались в течение всего опыта, но за пределы физиологической нормы не выходили. Сердечный толчок у оленей всех возрастов был ритмичный, умеренной силы и локализован; тоны сердца – ясные и ритмичные. Показатели пульса и частоты дыхания находились в динамике и оставались в границе физиологической нормы.

Оленята обычно рождаются весной, в период с апреля по июнь, причем, чем раньше они появляются на свет, тем больше у них шансов пережить следующую зиму. При рождении оленята весят от 1,8 до 3,6 кг и полностью зависят от молока, пока не разовьётся рубец, обычно между 4-й и 6-й неделями жизни. Молоко северного оленя богато жирами и белками, но диапазон суточного надоя молока у самки колеблется от 100 мл до 2 л, при этом удой молока у оленей снижается через 4 недели, но концентрация жира и белка увеличивается, а содержание лактозы снижается [5].

Телята компенсируют снижение потребления молока увеличением потребления корма, и в случае белохвостого оленя этот переход происходит без заметных изменений в темпах роста, в то время как рост молодняка, по данным Е. Н. McEvan & P. E. Whitehead (1969), временно замедляется в соответствующее время. Уже в возрасте трёх недель оленята начинают выходить с матерью на пастбище, чтобы

пощипать нежную траву, но только для того, чтобы запустить свой четырёхкамерный желудок [7]. Постепенно они заменяют всё больше молока в своём рационе зеленью: ветками, листьями и молодыми побегами, переходя к трём-четырёх месяцам на самостоятельное питание.

Как показало исследование (табл. 1), средняя живая масса телят при рождении составила 5,3 кг с последующим удвоением в течение первых 4 недель, достигая пиковых значений (38,4 кг) ранней зимой, после чего происходила

стабилизация прироста живой массы, и телята в возрасте 10 месяцев весили в среднем $40 \pm 2,1$ кг.

Суточная прибавка веса, определенная нами по результатам взвешивания, сразу после рождения составила до 400 г/день, что согласуется с максимальным приростом веса от 400 до 500 г/день, отмеченным рядом авторов [7]. В последующие дни прирост живой массы увеличивается, так наибольший суточный прирост в 270 г/день наблюдался на 9-й неделе жизни, после чего он постепенно снижался до нуля.

Таблица 1 - Биохимические показатели крови северных домашних оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе (n=10)

Возраст	Живая масса, кг	Щелочная фосфатаза, Ед/л	Креатин-фосфокиназа, Ед/л	Тироксин (Т4), нмоль/л	Глюкоза, ммоль/л	Са, ммоль/л	Рн, ммоль/л
Весна							
1 сут.	$5,3 \pm 0,2$	$2226,0 \pm 77,2$	$107,0 \pm 8,3$	$459,0 \pm 21,5$	$4,4 \pm 1,6$	$2,4 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,2$
6 сут.	$6,9 \pm 0,3$	$2076,0 \pm 65,1$	$109,0 \pm 12,1$	$354,0 \pm 40,0$	$3,8 \pm 1,6$	$2,5 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1^*$
10 мес.	$40,0 \pm 2,1$	$162,0 \pm 11,0^*$	$321,0 \pm 6,7$	$423,0 \pm 28,9$	$4 \pm 0,7$	$2,2 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,2$
Лето							
1 мес.	$11,1 \pm 0,7$	$1727,0 \pm 13,4$	$650,0 \pm 15,1^*$	$488,0 \pm 46,0$	$5,1 \pm 0,1$	$2,9 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
Осень							
4 мес.	$35,7 \pm 0,8$	$947,0 \pm 12,1$	$476,0 \pm 32,4$	$455,0 \pm 43,3$	$2,9 \pm 1,4$	$2,7 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,1$
Зима							
7 мес.	$38,4 \pm 1,2$	$521,0 \pm 12,2^*$	$290,0 \pm 13,4^*$	$427,0 \pm 25,4$	$4,6 \pm 1,1$	$2,1 \pm 0,1$	$1,4 \pm 0,1$

Примечание: * - $p < 0,01$

Общеизвестно, что щелочная фосфатаза вырабатывается несколькими органами и тканями, в частности печенью, костями и плацентой, а ее активность как у животных, так и у людей, повышается не только при паталогических состояниях, но и по физиологическим причинам - у молодых особей и во время беременности. Поскольку данный фермент является неспецифическим маркером роста и метаболической активности, снижение его активности с возрастом, а также в зимний период как у взрослых, так и у молодых оленей, интерпретированы J. Timisjärvi et al. (1982) как отражение прекращения роста и замедления общей метаболической активности во время ограничений в питании. Так, исследование авторов зарегистрировали наивысшую активность сывороточной щелочной фосфатазы у диких самок северных оленей летом (среднее значение 523 У/л) с падением до среднего значения 129 У/л в зимние месяцы [8].

Установленная нами достоверная ($p < 0,01$) отрицательная корреляция активности фермента с весом и возрастом животных ($r = -0,81$), обусловленная интенсивным ростом костной ткани молодняка, когда велика потребность в неорганических фосфатах [9], хорошо согласуется с данными авторов. Так, активность щелочной фосфатазы крови новорожденного теленка составляла $2226,0 \pm 77,2$ ед/л при рождении и в дальнейшем достоверно снижалась ($p < 0,01$), достигнув четырехкратного снижения

к зимнему периоду ($521,0 \pm 12,2$ Ед/л) и абсолютного минимума ($162,0 \pm 11,0$ Ед/л) ко второй весне, т. е. к 10-месячному возрасту теленка. Отмеченное нами незначительное повышение активности щелочной фосфатазы в крови взрослых животных в летний период предположительно связано с активностью остеобластов в процессе регенерации костей и роста рогов.

Е. С. Слепцов, Н. В. Винокуров, В. И. Федоров (2019) отмечают несколько кормовых факторов, которые могут влиять на низкую активность щелочной фосфатазы, наблюдаемую у оленей, питающихся лишайниками. Во-первых, у данной группы животных как потребление белка, так и энергии были ниже по сравнению с оленями на дополненном зимнем рационе. Во-вторых, магний действует как кофактор для фермента, увеличивая его активность, при этом лишайники содержат в 20 раз меньше магния. В-третьих, снижение активности фермента может быть связано с дефицитом фосфора, обусловленным преобладанием в рационе лишайников [3].

Увеличение активности щелочной фосфатазы в крови важен, связанное с беременностью, по мнению А. Н. Сибен, Е. Л. Либерман, Е. А. Силивановой (2015) обусловлено увеличением всасывания и мобилизации кальция и фосфора из костных запасов, а также плацентарным выделением щелочной фосфатазы в кровотоки (по аналогии с людьми), что делает

актуальным дальнейшее продолжение исследования с расширением возрастных границ животных [10].

Активность креатинфосфокиназы крови в нашем исследовании достоверно ($p < 0,01$) увеличивалась примерно в 6 раз в течение первого месяца жизни ($650,0 \pm 15,1$ Ед/л относительно $107,0 \pm 8,3$ Ед/л), что связано с интенсивным ростом и развитием мышечной и нервной тканей, богатых этим ферментом. J. Timisjärvi et al. [8] предположили, что повышение активности креатинфосфокиназы, наблюдаемое у телят, а также летом у взрослых животных, способствует росту или восстановлению после суровых зимних условий, хотя в других случаях активность креатинфосфокиназы считается показателем катаболизма белка. По нашим данным в осенний и зимний период наблюдалось снижение (до $290,0 \pm 13,4$ Ед/л) активности фермента, однако ее уровень все равно был выше, чем при рождении ($p < 0,01$) и ниже, чем у взрослых животных [10].

Уровень тироксина в сыворотке крови новорожденного теленка составлял $459,0 \pm 21,5$ нмоль/л и снизился в течение первых дней до $354,0 \pm 40,0$ нмоль/л, а затем увеличивался в течение последующего месяца до $488,0 \pm 46,0$ нмоль/л, что характеризует перестройку организма на новый ритм функционирования, сопровождающуюся напряжением эндокринных механизмов регуляции в первые месяцы жизни. Начиная с осени уровень тироксина в крови начал плавно снижаться, достигнув минимума следующей весной в возрасте телят 10 месяцев ($423,0 \pm 28,9$ нмоль/л), при этом достоверной детерминации уровня тироксина сезоном года не установлено. Полученные нами данные согласуются с более ранними исследованиями [10], в которых сообщается об отсут-

ствии сезонных различий в уровне тироксина при более низкой скорости его секреции зимой.

Концентрация глюкозы в крови не показала достоверных возрастных и сезонных изменений, при этом наименьшее значение данного показателя характерно для осени $2,9 \pm 1,4$ ммоль/л. Концентрация кальция в сыворотке крови показывала небольшие изменения в разном возрасте, но эти изменения были также статистически незначимыми.

В представленном материале сывороточный неорганический фосфор демонстрировал более высокие концентрации в периоды активного роста, чем в другое время. Так, достоверное ($p < 0,01$) повышение значения данного показателя у новорожденного теленка в течение первых шести суток жизни составило 50%, свидетельствуя об интенсификации обмена веществ, связанной с высокой скоростью роста и усилением процессов ossification, а затем снизился, достигнув минимума ($1,4$ ммоль/л) зимой в 7-месячном возрасте телят.

Выводы. Физиолого-биохимические исследования крови домашних северных оленей эвенской породы в раннем постнатальном онтогенезе, в зависимости от сезона года, с особым акцентом на возраст животных, позволило установить, что гелиогеофизические факторы среды достоверно влияли как на уровень ферментативной активности, так и уровень неорганического фосфора в крови животных. Выявленные сезонные и возрастные вариации физиолого-биохимических показателей крови северных оленей эвенской породы в совокупности с уже имеющимися данными авторов [11] могут выступать некими маркерами потенциала роста телят, а также характеризовать метаболический профиль животных.

Литература

1. Максимов В. И., Иванцова О. В., Дельцов А. А. Становление физиолого-биохимического статуса крови козлят Зааненской породы с возрастом // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 65–76. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-3-65-76>.
2. McEvan E. H. & Whitehead P. E. Changes in the blood constituents of reindeer and caribou occurring with age. Can. J. Zool. 1969. 47: 557–562. <https://doi.org/10.1139/z69-097>
3. Слепцов Е. С., Винокуров Н. В., Федоров В. И. Изучение сроков отела и гона домашних северных оленей в различных зонах Республики Саха (Якутия) // Аграрный вестник Урала. 2019. № 8 (187). С. 45–49. https://doi.org/10.32417/article_5d908d29e28568.13770453.
4. Кошелев В. М., Романюк М. А., Сухарникова М. А. Технологическая трансформация северного оленеводства в Арктической зоне России // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024. № 4. С. 154–167. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-4-154-167>. EDN BRWGQD.
5. Arman P. Milk from semi-domesticated ruminants // Wld. Rev. Nutr. Diet. 1979. 33: 198–227. <https://doi.org/10.1159/000402553>.
6. Южаков А. А. Особенности роста и формирования телосложения северных оленей ненецкой породы // Международный вестник ветеринарии. 2022. № 2. С. 104–111. doi: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.104. EDN PPUMGY.
7. Южаков А. А. Весовой и линейный рост скелета домашних северных оленей ненецкой породы // Международный вестник ветеринарии. 2023. № 3. С. 224–236. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.224>. EDN MLMEWR.
8. Growth in the Reindeer / J. Timisjärvi, M. Nieminen, K. Roine [et al.] // Acta Veterinaria Scandinavica. 1982. 23. p. 603–618. <https://doi.org/10.1186/BF03546779>
9. Некоторые особенности видовой адаптации домашнего северного оленя / Л. П. Корякина, А. И. Павлова, Л. Г. Дыдаева, Н. Н. Григорьева // Инновации и продовольственная безопасность. 2017. № 3. С. 95–100. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2017-0-3-95-100>.
10. Сибен А. Н., Либерман Е. Л., Силиванова Е. А. Особенности иммунологических показателей крови северных оленей в зависимости от возраста и сезона года // Ветеринарная патология. 2015. №3 (53). С. 1–5. EDN: VDUBYP.
11. Николаев С. В. Особенности изменений биохимического состава крови у телят в раннем постнатальном онтогенезе // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 4. С. 165–169. EDN MBIKWX.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Максимов Владимир Ильич - доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А. Н. Голикова и И. Е. Мозгова, e-mail: dr.maximov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5305-0218>
Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии - MBA имени К.И. Скрябина, Москва, Россия.

Федорова Елена Юрьевна* - доктор биологических наук, профессор департамента образовательного проектирования, e-mail: fedorovaeyu@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6992-4282>

Козловский Алексей Дмитриевич - магистрант, e-mail: KozlovskiiAD170@mgpu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5910-8695>

Московский городской педагогический университет, Москва, Россия.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF EVEN BREED DOMESTIC REINDEER DURING EARLY POSTNATAL ONTOGENESIS

V. I. Maksimov, E. Yu. Fedorova, A. D. Kozlovskiy

Abstract. The relevance of this study is due to the fact that, despite numerous studies on the type and composition of feed consumed by reindeer throughout the year, seasonally changing blood biochemical parameters, which serve as markers of calf growth potential, remain insufficiently studied. This article presents the results of physiological and biochemical studies of the blood of Even domestic reindeer during early postnatal ontogenesis, depending on the season, with a particular emphasis on age. The biochemical parameters of blood, such as alkaline phosphatase and creatine phosphokinase activity in serum, thyroxine, calcium and inorganic phosphorus content and glucose level were assessed dynamically, starting from the first day after birth (1 day, 6 days, 1, 4, 7, 10 months); the number of calves in each age group was 10 heads. The established ($p < 0.01$) correlation relationships between the activities of alkaline phosphatase ($r = -0.81$) and creatine phosphokinase ($r = -0.67$) in the blood and the age of the calves are associated with the intensive growth of bone tissue in young animals, when there is a high need for inorganic phosphates, as well as the growth and development of muscle and nervous tissues rich in creatine phosphokinase. Thyroxine (T4) levels in reindeer blood are highest during the neonatal phase, which is due to the body's adaptation to a new rhythm of functioning, accompanied by stress on endocrine regulatory mechanisms during the first months of life. It has been established that heliogeophysical environmental factors significantly influence both the level of enzymatic activity and the level of inorganic phosphorus in the animals' blood. The identified seasonal and age-related variations in the physiological and biochemical parameters of blood of Even reindeer, combined with the authors' existing data, may serve as markers of calf growth potential and characterize the animals' metabolic profile.

Key words: domestic reindeer, Even reindeer breed, blood, metabolism, physiological and biochemical parameters of blood.

For citation: Maksimov V.I., Fedorova E.Yu., Kozlovskiy A.D. Physiological and biochemical blood parameters of Even breed domestic reindeer during early postnatal ontogenesis. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265 (1). p. 49-53. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_49

References

1. Maksimov VI, Ivantsova OV, Deltsov AA. [Formation of the physiological and biochemical status of the blood of Saanen kids with age]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022; 3. 65-76 p. <https://doi.org/10.26897/0021-342Kh-2022-3-65-76>.
2. McEvan EH. & Whitehead PE. Changes in the blood constituents of reindeer and caribou occurring with age. *Can. J. Zool.* 1969; 47. 557-562 p. <https://doi.org/10.1139/z69-097>
3. Sleptsov ES, Vinokurov NV, Fedorov VI. [Study of the timing of calving and rutting of domestic reindeer in various zones of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Agrarny vestnik Urala*. 2019; 8 (187). 45-49 p. https://doi.org/10.32417/article_5d908d29e28568.13770453.
4. Koshelev VM, Romanyuk MA, Sukharnikova MA. [Technological transformation of northern reindeer husbandry in the Arctic zone of Russia]. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2024; 4. 154-167 p. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-4-154-167>. EDN BRWQD.
5. Arman P. Milk from semi-domesticated ruminants. *Wld. Rev. Nutr. Diet.* 1979; 33. 198-227 p. <https://doi.org/10.1159/000402553>.
6. Yuzhakov AA. [Features of growth and body structure formation in Nenets reindeer]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*. 2022. № 2. S. 104-111. doi: 10.52419/issn2072-2419.2022.2.104. EDN PPUMGY.
7. Yuzhakov AA. [Weight and linear growth of the skeleton of domestic reindeer of Nenets breed]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*. 2023; 3. 224-236 p. <https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.224>. EDN MLMWR.
8. Timisjarvi J, Nieminen M, Roine K. Growth in the reindeer. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 1982; 23. 603-618 p. <https://doi.org/10.1186/BF03546779>
9. Koryakina LP, Pavlova AI, Dydaeva LG, Grigoreva NN. [Some features of species adaptation of domestic reindeer]. *Innovatsii i prodovolstvennaya bezopasnost*. 2017; 3. 95-100 p. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2017-0-3-95-100>.
10. Siben AN, Liberman EL, Silivanova EA. [Features of immunological parameters of reindeer blood depending on age and season of the year]. *Veterinarnaya patologiya*. 2015; 3 (53). 1-5 p. EDN: VDUBYP.
11. Nikolaev SV. [Characteristics of changes in the biochemical composition of blood in calves in early postnatal ontogenesis]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii*. 2020; 4. 165-169 p. EDN MBIKWX.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Maksimov Vladimir Ilyich - Doctor of Biological Sciences, Professor of Physiology, Pharmacology and Toxicology Department named after A.N.Golikov and I.E.Mozgov, e-mail: dr.maximov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5305-0218>
Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skryabin Moscow Veterinary Academy, Moscow, Russia.

Fedorova Elena Yurevna* - Doctor of Biological Sciences, Professor of Educational Design Department, e-mail: fedorovaeyu@mgpu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6992-4282>

Kozlovskiy Aleksey Dmitrievich – Master's student, e-mail: KozlovskiiAD170@mgpu.ru, <https://orcid.org/0009-0001-5910-8695>

Moscow City Pedagogical University, Moscow, Russia.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ФОСФОЛИПИДОВ - ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИПОСОМАЛЬНЫХ ФОРМ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ**Э. М. Плотникова, М. М. Шакуров, Р. Р. Гайнуллин, Г. И. Рахматуллина, Ф. Х. Калимуллин**

Реферат. С учётом того, что традиционные способы извлечения фосфолипидов нуждаются в использовании дорогих материалов, таких как подсолнечное масло, яичный желток, а также икра кальмаров и рыбы, при этом выход конечного продукта остаётся низким, не превышая 7-10%. Кроме того, в продукте обнаруживается значительное количество холестерина в виде примеси. Для решения проблемы, были проведены настоящие исследования, целью которых являлось расширение сырьевой базы источников получения и применение фосфолипидов — исходного материала для создания липосомальных форм лекарственных средств. Для решения поставленной задачи в качестве источника фосфолипидов использовали пчелиный подмор — апипродукт, который обладает богатым биохимическим составом, обеспечивающим комплексное лечебно-профилактическое воздействие на организм. В тоже время, в результате проведенных исследований была доказана и эффективность применения подмора пчел в качестве сырья для получения комплекса фосфолипидов, являющийся отходом производства мёда. Сравнительный анализ с существующими способами получения комплекса фосфолипидов позволил заключить, что разработанный способ позволяет увеличить выход целевого продукта из исходного сырья. В тоже время проведенные исследования позволили отработать схему получения фосфолипидов, обеспечивающую оптимальный состав фосфолипидов с соответствующим соотношением компонентов, что в последующем позволит формировать высокоэффективные липосомальные системы. Разработанный способ получения фосфолипидов обладает рядом преимуществ: сочетание процессов предварительного высокоэффективного обезвоживания основного сырья апипродукта - пчелиного подмора с последующим экстрагированием ацетоном при определенных значениях температурного режима, позволяет обеспечить проведение однократной экстракции с параллельной очисткой фосфолипидов от полипептидных примесей. В тоже время в результате проведенных исследований удалось сократить продолжительность процесса экстракции, путем комплексного экспериментального подбора оптимального соотношения растворителей CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, и $\text{CH}_3\text{CO}-\text{OH}$, параметров температурного режима и скорости перемешивания. И очень важно отметить применение тока азота в предлагаемом способе получения фосфолипидов, который способствовал повышению их технологического выхода.

Ключевые слова: фосфолипид, пчелиный подмор, фракция, экстракция, липосомальная форма, лекарственный препарат.

Для цитирования: Плотникова Э.М., Шакуров М.М., Гайнуллин Р.Р., Рахматуллина Г.И., Калимуллин Ф.Х. Получение и применение фосфолипидов - исходного материала для изготовления липосомальных форм лекарственных препаратов // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2025. Том 264 (4). С. 54-58. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_54

Введение. С учётом того, что традиционные способы извлечения фосфолипидов нуждаются в использовании дорогих материалов, таких как подсолнечное масло, яичный желток, а также икра кальмаров и рыбы, выход конечного продукта остаётся низким, не превышая при этом 7-10%. Кроме того, в продукте обнаруживается значительное количество холестерина в виде примеси. Исходя из этого возникла необходимость проведения дальнейших исследований, цель которых - расширение сырьевой базы источников получения и применение фосфолипидов - исходного материала для создания липосомальных форм лекарственных средств.

Состав мембраны липосом имеет аналогию в строении и составе с эластичной белково-липидной оболочкой клеточных мембран. Это является основным терапевтическим преимуществом препаратов в липосомальной форме [1].

Анализируя литературные данные можно встретить различные способы и механизмы получения как основных компонентов липосо-

мальных структур - фосфолипидов, так и непосредственно липосомальных мембран. К примеру, известен способ получения холестерина из мозга крупного рогатого скота (спинного и головного), путем экстрагирования сырья ацетоном. Однако при данном способе экстрагирования происходит многокомпонентный выход получаемого экстракта, в котором в комплексе с фосфолипидами выделяются и жирные кислоты, плазматогены и другие компоненты. И что самое важное, выход фосфолипидов колеблется в диапазоне 3-14%, что в целом недостаточно для полноценного осуществления технологического получения липосомальных структур [2].

Известна также и технология получения лецитина из желтков куриных яиц [3], которая в целом как и в предыдущем примере предусматривает экстракцию в ацетоне, отличающаяся температурными режимами и временем экстракции. В тоже время при данном способе выявляются определенные недостатки, связанные со значительными потерями выхода целевого продукта при недостаточно полной экс-

тракции продукта.

Необходимо упомянуть и метод экстракции фосфолипидов из животной ткани по технологии Фолча [4]. Однако недостаток метода проявляется в переходе в липидный экстракт так называемых не липидных примесей, с образованием в органических растворителях мицел многих липидов, которые в свою очередь захватывают воду и различные низкомолекулярные вещества.

В значительной степени примечательным является и то, что фосфолипиды получают из икры сельди или промышленных отходов двусторчатых моллюсков, головоногих моллюсков [5, 6, 7].

В ранее изложенном было отмечено, что существует множество методов и подходов к получению фосфолипидов — ключевых компонентов липосомальных систем. Однако основные недостатки таких технологий заключаются в использовании дорогостоящего сырья, низком выходе продукта и наличии различных примесей, таких как холестерин. Эти факторы в конечном итоге ограничивают возможности применения данных технологий.

Таким образом, целью настоящих исследований стала разработка технологии получения фосфолипидов, позволяющая повысить выход готового продукта с одновременным снижением содержания сторонних примесей.

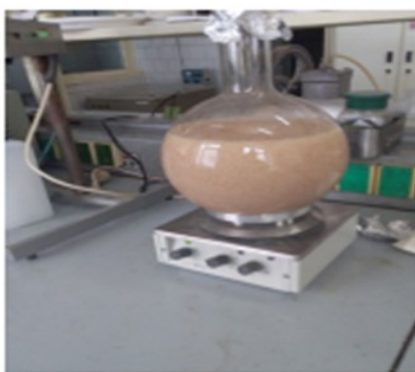
Условия, материалы и методы. Для реализации цели был разработан метод получения фосфолипидного комплекса, включающий этапы измельчения сырья, экстракцию с использованием ацетона и последующую фильтрацию. В качестве технологического сырья предлагается использовать продукт пчеловодства — подмор пчел, который является побоч-

ным продуктом производства меда.

Обоснованием для использования подмора пчел в качестве технологического сырья-источника фосфолипидов, является его многокомпонентный состав: витамины, микроэлементы, аминокислоты и другое, обладающие способностью связывать и выводить токсические вещества, радиоактивные изотопы и соли тяжелых металлов — радиопротекторные и антиоксидантные действие), восстановить и защитить ДНК, нейромедиаторным, антитромбиновым влиянием, снижает уровень холестерина в крови, лечебно-профилактическим эффектом при стенокардии, аритмии, острого инфаркта миокарда, порогах сердца, ишемического инсульта, гемолитико-уремическом синдроме [8, 9] и другими методами его переработки, что приводит к повышению выхода и улучшению качества конечного продукта.

В качестве источника фосфолипидов использовали подмор пчел. На начальном этапе подмор пчел просеивали через сито, и затем сушили с использованием потока, нагретого до температуры 65-75 °С воздуха. Окончанием предварительного этапа служило достижение показателя влажности пчелиного подмора равное 6%. Выбор показателя влажности был обоснован тем, что при данном значении влажности достигалась наибольшая степень крошимости подмора пчел, с получением порошкообразной массы с размером частиц от 100 до 1000 мкм. Размер полученных микро-частиц способствовал увеличению площади контакта с экстрагентом.

На рисунке показаны иллюстрации технологических этапов получения фосфолипидов, а именно процессы гомогенизации и экстракции.



а) гомогенизация



б) экстракция

Рисунок - Получение фосфолипидов из пчелиного подмора

На следующем этапе работы порошкообразную массу пчелиного подмора засыпали в колбу и заливали ацетоном в соотношении сырья к растворителю 1:5. Перемешивание осуществляли на магнитной мешалке с подогревом, при температуре 30 °С в течение 60 мин. Полученную взвесь процеживали через воронку с использованием бумажного фильтра.

Супернатант удаляли и для дальнейшей

работы использовали осадок, который растворяли в смеси C_2H_6O , $CHCl_3$, и CH_3COOH в объёмном соотношении 25:15:4. Общий объём растворителя составлял 100 мл, при этом соотношение осадка к растворителю поддерживалось на уровне 1:5. Процесс растворения проводили при температуре -4 °С в условиях азотной среды с непрерывным перемешиванием на магнитной мешалке в течение 10 минут. Полученная смесь снова фильтровалась через

воронку Бюхнера с использованием бумажного фильтра.

На последующем этапе работы к полученному фильтрату добавляли 100 мл охлажденного до минус 20 °С абсолютного ацетона. Взвесь перемешивали на магнитной мешалке. Осадок отфильтровывали и затем сушили в вакуумном эксикаторе в атмосфере азота при наличии гидроксида калия.

В полученном высушенном осадке определяли наличие фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии с применением наборов стандартов фосфолипидов в качестве референтных образцов [10].

Результаты и обсуждение. Для разработки оптимального способа получения фосфолипидов из тестируемого технологического сырья - подмора пчел, проводили сопоставительный анализ результатов путем использования различных технологических параметров проведения испытаний.

Согласно первому способу получения комплекса фосфолипидов, исходное сырье сушили в сушильном шкафу при температуре 60-82 °С на протяжении 2,0-2,5 часов, предварительно равномерно распределив по всей площади противня. Толщина слоя составляла 5-7 мм. На следующем этапе высушенный подмор пчел перетирали в лабораторной ступке и проводили экстракцию. Для этого использовали 250 г порошкообразной навески, которую помещали в круглодонную колбу. Затем навеску заливали ацетоном в соотношении 1:10 по массе и нагревали до 20 °С, обеспечивая непрерывное перемешивание магнитной мешалкой в течение 15-20 минут. Фильтрацию экстракта осуществляли в воронке Бюхнера с использованием бумажного фильтра. Полученный осадок растворяли в 100 мл смеси CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ и CH_3COOH в пропорциональном соотношении компонентов 20:10:2 соответственно. Растворение производили путем перемешивания на магнитной мешалке с подогревом в течение 15 мин и температуре 20 °С. Повторно проводили фильтрацию экстракта в воронке Бюхнера с использованием бумажного фильтра. Затем с использованием эксикатора путем упаривания проводили выделение фосфолипидов. Выход фосфолипидов составил 6-8% от исходной массы подмора.

Во втором способе исходное сырье - пчелиный подмор засыпали в мешочки из хлопчатобумажной ткани. Затем мешочки размещали на металлической сетке таким образом, чтобы тол-

щина слоя исходного сырья в мешочке составляла 2-4 см. После этого на сетку направляли поток нагретого до температуры 70-75 °С воздуха и проводили сушку в течение 20-40 мин. Окончание сушки определяли путем ручного растирания сырья. При этом должна была достигаться значительная степень крошимости. Показатель влажности соответствовал значению в диапазоне 5-7%.

Измельчение сырья, процесс экстракции, фильтрацию, а также перерастворение фильтрата проводили согласно первому вышеописанному способу получения фосфолипидов, с той лишь разницей, что в процессе перерастворения фильтрата использовали экспериментальное соотношение растворителей CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ и CH_3COOH - 22:13:3 соответственно. Выход фосфолипидов в этом случае составлял 10-12% от исходной массы подмора.

Нами предложен (разработан) третий способ получения комплекса фосфолипидов, который включает в себя получение и высушивание исходного сырья - пчелиный подмор по второму вышеописанному способу. Высушенную массу измельчали до порошкообразного состояния с размером частиц от 100 - 1000 мкм. Это способствовало увеличению площади активной поверхности сырья, что в свою очередь обеспечивало максимально эффективную обработку соответствующими экстрагентами. Для этого измельченное сырье заливали ацетоном и перемешивали на магнитной мешалке с подогревом в течение 60 мин при температуре 30 °С.

Затем проводили фильтрацию экстракта согласно вышеуказанным первому и второму способам. В последующем фильтрат перерастворяли в смеси CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ и CH_3COOH с пропорциональным соотношением компонентов - 25:15:4. Повторно проводили фильтрацию. Выделение фосфолипидов осуществляли путем выпаривания фильтрата в вакуумном эксикаторе при потоке азота над гидроксидом калия. При использовании данного метода выход фосфолипидов составлял 17,0-18,0% от первоначальной массы пчелиного подмора. При этом доля фосфатидилэтаноламина составляла 27,0% от общей массы, фосфатидилхолина - 28,0%, сфингомиелина - 17,0%, фосфатидилинозита - 15,0%, а фосфатидилазина - 15,0%.

Сравнительный анализ показателей предлагаемого (третий способ) и известного способов получения фосфолипидов представлен в таблице.

Таблица - Сравнительный анализ технологических показателей предлагаемого и известного способов получения фосфолипидов

Наименование показателей	Методы	
	известный	предлагаемый
Выход фосфолипидов, % к массе сырья	7,5-8,0	17,0-18,0
Фракционный состав фосфолипидов в целевом продукте, %		
Фосфатидилэтаноламин	18,0	27,0
Фосфатидилсерин	-	15,0
Фосфатидилинозит	не установлено	15,0
Фосфатидилхолин	74,0	28,0
Сфингомиелин	7,5	17,0
Другие примеси	-	отсутствуют

При этом данные по известным способам (1 и 2 способам) представлены только исходя из результатов второго способа получения фосфолипидов. Исходили из того, что при втором способе результаты по выходу готового продукта были более значительными (10-12% в сравнении с первым способом 6-8%).

Из таблицы видно, что предлагаемый способ позволяет в 2,5 раза повысить выход целевого продукта и оптимизировать эквивалентные соотношения фракций фосфолипидов, которые обеспечивают высокую степень родства к клеткам органов-мишеней макроорганизма.

Выводы. Разработанный способ получения фосфолипидов обладает рядом преимуществ, основанных на следующем: сочетание процессов предварительного высокоэффективного обезвоживания основного сырья апипродукта - пчелиного подмора с последующим экстрагированием ацетоном при определенных значениях температурного режима, позво-

ляет обеспечить проведение однократной экстракции с параллельной очисткой фосфолипидов от полипептидных примесей. В тоже время в результате проведенных исследований удалось сократить продолжительность процесса экстракции, путем комплексного экспериментального подбора оптимального соотношения растворителей CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, и CH_3COOH , параметров температурного режима и скорости перемешивания. И очень важно отметить применение тока азота в предлагаемом способе получения фосфолипидов, который способствовал повышению их технологического выхода.

Подводя итоги необходимо отметить, что в результате проведенных исследований был разработан высокоэффективный и технологичный способ получения фосфолипидов из апипродукта - пчелиного подмора, который может быть интегрирован в общую технологическую цепочку фармацевтического производства липосомальных форм лекарственных препаратов.

Литература

1. Липосомы как система таргетной доставки лекарственных средств (обзор) / В. С. Горбик, З. С. Шпрах, Ж. М. Козлова, В. Г. Салова // Российский биотерапевтический журнал. 2021. Т. 20. № 1. С. 33-41. <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2021-20-1-33-41>.
2. Создание липосом из соевого лецитина для доставки лекарственных препаратов / И. А. Колтаков, Е. В. Шилова, А. Н. Бражникова, В. Г. Артюхов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2022. № 1. С. 117-121. EDN: PETQYL.
3. Липосомы как носители лекарственных средств: классификация, методы получения и применение / Н. И. Бурдаев, Л. Л. Николаева, В. В. Косенко, З. С. Шпрах, Н. Д. Бунятян // Ведомости Научного центра экспертизы средств медицинского применения. Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2023. Т. 13. № 2-1. С. 316-332. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-508>.
4. Юдина А. Н., Красноштанова А. А. Процесс выделения лецитина из желтка яиц сельскохозяйственной птицы при их комплексной переработке // В сборнике: Биохимическая физика. труды XX ежегодной молодежной конференции с международным участием ИБХФ РАН-вузы и IV симпозиума «Современное материаловедение». Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН. Москва, 2021. С. 170-174. EDN: AXDIUK.
5. Бородин А. В., Веляев Ю. О., Осокин А. Р. Комплексный методический подход в определении липидов моллюсков // Техника и технология пищевых производств. 2023. Т. 53. № 4. С. 662-671. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2464>.
6. Липосомальные технологии и перспектива их использования для создания специализированных пищевых продуктов / К. А. Муфеева, Г. М. Латыпова, В. А. Катаев, А. А. Федотова, В. А. Тутельян // Вопросы питания. 2025. Т. 94. №. 3 (559). С. 101-111. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2025-94-3-101-111>.
7. Изучение биосовместимости пустых липосом в организме животных / Э. М. Плотникова, Ф. Р. Вафин, М. М. Шакуров [и др.] Ветеринарный врач. 2024. №4. С.4-9. https://doi.org/10.33632/1998-698X_2024_4_4.
8. Фосфолипиды жидких растительных лецитинов и способы их модификации / Е. В. Лисовая, Е. П. Викторова, Т. А. Шахрай, Н. Н. Корнен // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11. № 1. С. 5-18. <https://doi.org/10.14529/food230101>.
9. Изучение химического состава пчелиного подмора / П. А. Красочко, И. А. Красочко, З. А. Антонова [и др.] // Материалы Международной научно-практической конференции: «Актуальные вопросы современного пчеловодства». Минск: Изд-во «Беларусская наука», 2021. С. 52-55. EDN: NFFHGO.
10. Ершова А. Н., Стерлигова И. А. Тонкослойная хроматография фосфолипидов растений *Zea mays* (L.) при действии фитогормона кинетина в разных условиях аэрации // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2023. Т. 23. №. 5. С. 879-886. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11722>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Плотникова Эдие Миначетдиновна* – доктор ветеринарных наук, доцент, главный научный сотрудник, e-mail: adiya2397031@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6306-4859>

Шакуров Муланур Махсutowич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: MulnurShakurov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2563-5948>

Гайнуллин Руслан Рустамович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: gairuslan10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7411-0005>

Рахматуллина Гульназ Ильгизаровна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела радиобиологии, e-mail: rakhmatullina.gulnazi.k@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0810-7449>

Калимуллин Фарит Хабуллович – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: farit.kalimullin@tatar.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2468-3163>

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, г. Казань, Россия

OBTAINING AND USING PHOSPHOLIPIDS AS A STARTING MATERIAL FOR MANUFACTURING LIPOSOMAL DRUGS

E. M. Plotnikova, M. M. Shakurov, R. R. Gaynullin, G. I. Rakhmatullina, F. Kh. Kalimullin

Abstract. Traditional methods of extracting phospholipids require expensive materials such as sunflower oil, egg yolk and squid and fish roe. The yield of the final product remains low, not exceeding 7-10%. Furthermore, a significant amount of cholesterol is detected as an impurity in the product. To address this issue, the present research was conducted to expand the raw material base and utilize phospholipids as a starting material for creating liposomal drug formulations. To solve this problem, dead bees – an apicultural byproduct with a rich biochemical composition that provides comprehensive therapeutic and prophylactic effects – were used as a source of phospholipids. At the same time, the research demonstrated the effectiveness of using dead bees as a raw material for producing a phospholipid complex, a waste product of honey production. A comparative analysis with existing methods for producing phospholipid complexes revealed that the developed method increases the yield of the target product from the starting material. Furthermore, the research allowed us to refine a phospholipid production scheme that ensures an optimal phospholipid composition with the appropriate component ratio, which will subsequently enable the development of highly effective liposomal systems. The developed method for producing phospholipids offers several advantages: the combination of highly efficient preliminary dehydration of the main raw material of the bee product – dead bees – followed by acetone extraction at specific temperatures allows for a single extraction with simultaneous purification of the phospholipids from polypeptide impurities. At the same time, the conducted research reduced the duration of the extraction process through comprehensive experimental selection of the optimal solvent ratio of CHCl_3 , $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, and CH_3COOH , temperature parameters and stirring speed. Importantly, the use of a nitrogen stream in the proposed method for producing phospholipids contributed to an increase in their technological yield.

Key words: phospholipid, dead bees, fraction, extraction, liposomal form, medicinal product.

For citation: Plotnikova E.M., Rakhmatullina G. I., Shakurov M.M., Gaynullin R.R., Kalimullin F.Kh. Obtaining and using phospholipids as a starting material for manufacturing liposomal drugs. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2025; 264(4). p. 54-58 https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_54.

References

1. Gorbik VS, Shprakh ZS, Kozlova ZhM, Salova VG. [Liposomes as a system for targeted drug delivery (review)]. Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal. 2021; Vol.20. 1. 33-41 p. <https://doi.org/10.17650/1726-9784-2021-20-1-33-41>.
2. Koltakov IA, Shilova EV, Brazhnikova AN, Artyukhov VG. [Creation of liposomes from soy lecithin for drug delivery]. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya. 2022; 1. 117-121 p. EDN: PETQYL.
3. Burdaev NI, Nikolaeva LL, Kosenko VV, Shprakh ZS, Bunyatyan ND. [Liposomes as drug carriers: classification, methods of production and application]. Vedomosti Nauchnogo tsentra ekspertizy sredstv meditsinskogo primeneniya. Regulyatornye issledovaniya i ekspertiza lekarstvennykh sredstv. 2023; Vol.13. 2-1. 316-332 p. <https://doi.org/10.30895/1991-2919-2023-508>.
4. Yudina AN, Krasnoshtanova AA. [The process of isolating lecithin from the yolk of poultry eggs during their complex processing. In the collection: Biochemical Physics]. Trudy XX ezhegodnoy molodezhnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem IBKhF RAN-vuzy i IV simpoziuma "Sovremennoe materialovedenie". Institut biokhimicheskoy fiziki im. N.M. Emanuel'ya RAN. Moscow. 2021; 170-174 p. EDN: AXDIUK.
5. Borodina AV, Velyaev Yu. O., Osokin A. R. An Integrated Methodological Approach to Determining Mollusk Lipids Kompleksnyi metodicheskii podkhod v opredelenii lipidov mollyuskov // Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. 2023. T. 53, № 4. S. 662-671. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2023-4-2464>.
6. Mufteeva KA, Latypova GM, Kataev VA, Fedotova AA, Tutelyan VA. [Liposomal technologies and the prospects of their use for the creation of specialized food products]. Voprosy pitaniya. 2025; Vol.94. 3 (559). 101-111 p. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2025-94-3-101-111>.
7. Plotnikova EM, Vafin FR, Shakurov MM. [Study of the biocompatibility of empty liposomes in the animal body]. Veterinarnyy vrach. 2024; 4. 4-9 p. https://doi.org/10.33632/1998-698Kh_2024_4_4.
8. Lisovaya EV, Viktorova EP, Shakhray TA, Kornen NN. [Phospholipids of liquid plant lecithins and methods for their modification]. Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Pishchevye i biotekhnologii. 2023; Vol.11. 1. 5-18 p. <https://doi.org/10.14529/food230101>.
9. Krasochko PA, Krasochko IA, Antonova ZA. [Study of the chemical composition of dead bees]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Aktualnye voprosy sovremennogo pchelovodstva. Minsk: Izd-vo Belarusskaya nauka. 2021; 52-55 p. EDN: NFFHGO.
10. Ershova AN, Sterligova IA. [Thin-layer chromatography of phospholipids from Zea mays (L.) plants under the action of the phytohormone kinetin under different aeration conditions]. Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy. 2023; Vol.23. 5. 879-886 p. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11722>.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Plotnikova Edie Minachetdinovna* – Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, chief researcher, e-mail: adiya2397031@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6306-4859>

Shakurov Mulanur Makhmutovich – Ph.D. of Biological Sciences, leading researcher, e-mail: MulanurShakurov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2563-5948>

Gaynullin Ruslan Rustamovich – Ph.D. of Biological Sciences, senior researcher, e-mail: gairuslan10@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7411-0005>

Rakhmatullina Gulnaz Ilgizarovna – candidate of biological sciences, senior researcher at the radiobiology department, e-mail: rakhmatullina.gulnazik@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0810-7449>

Kalimullin Farit Khabullovich – Ph.D. of Biological Sciences, leading researcher, e-mail: farit.kalimullin@tatar.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2468-3163>

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russia.

**МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СЛАБЫМИ ШИРОКОПОЛОСНЫМИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ (ЭМП) НА ПРОЦЕСС МЕТАСТАЗИРОВАНИЯ
МЕЛАНОМЫ B16 У МЫШЕЙ ЛИНИИ C57BL/6****И. Ф. Турканов, Л. Г. Аистова, Г. А. Флакс, П. Н. Болоцкова, В. Г. Грязнов**

Реферат. Резистентность меланомы кожи к стандартным схемам лекарственной терапии диктует необходимость поиска новых подходов к лечению. В связи с этим актуальным направлением является изучение влияния физических факторов, в частности, слабых неионизирующих излучений, на процессы опухолевого роста. Целью данной работы стало исследование метастазирования экспериментальной меланомы B16 у мышей линии C57BL/6 под воздействием слабого неионизирующего нетеплового импульсного электромагнитного излучения. Эксперимент проведен на базе Дальневосточного ГАУ. В исследование были включены 120 самцов мышей в возрасте 8 недель, разделенных на две группы (n=60). Животным внутривенно в правую боковую область инокулировали 1 млн клеток мышинной меланомы B16. Специфическая противоопухолевая терапия в обеих группах не проводилась. Мыши опытной группы с 9-го дня после трансплантации опухоли ежедневно в течение 60 минут подвергались воздействию аппарата «ТОР». Контрольная группа аналогичных процедур не получала. Оценка размеров и локализации метастазов в регионарных лимфатических узлах и отдаленных органах осуществлялась с помощью рентгенологического и ультразвукового исследования. Статистически значимые различия в максимальных линейных размерах метастазов между группами были зафиксированы на 10, 21 и 29 сутки. В контрольной группе метастазирование в легочную ткань регистрировалось уже на 7 сутки. В опытной группе первые признаки поражения легких появились лишь на 22-е сутки, а к 52-м суткам метастазы в легких рентгенологически не определялись. Ультразвуковое исследование на 32-е сутки также не выявило метастазов в периферических лимфатических узлах и внутренних органах у животных, получавших терапию. Таким образом, применение неинвазивной широкополосной электромагнитной терапии способствует существенному замедлению темпов метастазирования меланомы B16 в органы грудной клетки и индуцирует регрессию метастатических очагов во внутренних органах.

Ключевые слова: мыши, онкология, опухоль, меланома B16, рак кожи, электромагнитное излучение, ЭМИ, замедление развития опухоли, цитоплазматический кальций, синтаза оксида азота.

Для цитирования: Турканов И.Ф., Аистова Л.Г., Флакс Г.А., Болоцкова П.Н., Грязнов В.Г. Модифицирующее воздействие слабыми широкополосными электромагнитными полями (ЭМП) на процесс метастазирования меланомы B16 у мышей линии C57BL/6 // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 59-64. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_59

Введение. Лечение меланомы кожи является актуальной задачей современной онкологии. За последнее десятилетие исследования в области молекулярной клеточной биологии и иммунобиологии опухолей дали важную информацию о механизмах противоопухолевого эффекта различных вариантов химиотерапии [1]. Выяснено, что в процессе возникновения и развития опухоли наблюдается взаимодействие гетерогенной, быстро меняющейся опухолевой популяции и скооперированным с ней клеточном микроокружением макрофагов и т-лимфоцитов, представляющих собой звенья естественного и адаптивного иммунитета [2].

Цитостатические и цитотоксические свойства определяются уровнем продукции различных медиаторов: активных форм кислорода, интерферонов, интерлейкинов, цитокинов, а также лизосомальных ферментов [3]. Данные вещества способны стимулировать клеточную миграцию, принимая участие в управлении процессами альтерации и регенерации тканей. В первой части нашего исследования терапия слабым неионизирующим нетепловым широкополосным импульсным электромагнитным излучением мышей линии C57BL/6, больных

меланомой B16, продлевает длительность жизни у 3,3% особей (2 животных из 60). Кроме того, данная терапия у мышей линии C57BL/6, больных меланомой B16, однозначно приводит к уменьшению объема опухоли с 19-22 суток применения. В свете этих данных представляется интересным изучение вопроса метастазирования меланомы B16 у мышей линии C57BL/6.

Клинически значимое уменьшение размеров меланомы B16, наблюдаемое при воздействии импульсного широкополосного электромагнитного излучения (ЭМИ), может быть следствием прямого модулирующего воздействия на внутриклеточные процессы опухолевых клеток [4]. Согласно литературным данным, ключевым первичным звеном этого воздействия является способность ЭМИ вызывать высвобождение ионов кальция (Ca^{2+}) из внутриклеточных депо, выступая универсальным сигнальным триггером [5]. Последующая активация кальций-зависимых путей, таких как синтез оксида азота (NO), может приводить к митохондриальной дисфункции, окислительному стрессу и, в конечном итоге, к гибели клеток [6, 7]. Таким образом, предполагаемый механизм предполагает прямое

цитотоксическое действие ЭМИ, не требующее участия интактной иммунной системы [8].

G. Poste и соавт. (1981) провели анализ метастатических свойств клонов, выделенных из клеточных линий мышшиной меланомы B16 (B16-F1 и F10). В результате исследований они демонстрируют значимую клеточную гетерогенность и наличие субпопуляций, обладающих сильно различающимися метастатическими свойствами [9]. Однако, в контексте проведенного исследования по изменению размеров меланомы под воздействием электромагнитного излучения представляется необходимым изучить изменения размеров и количества метастазов этой опухоли.

Цель исследования – изучение процессов метастазирования меланомы B16 у мышей линии C57BL/6 в условиях слабого неионизирующего нетеплового широкополосного электромагнитного излучения.

Условия, материалы и методы. Открытое, нерандомизированное исследование проводилось в условиях вивария факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий Дальневосточного ГАУ в период с мая 2025 года по декабрь 2025 г. Объектом исследований явились мыши, имеющие сертификат здоровья и качества, доставленные из НПП «Питомник лабораторных животных» Филиала ФГБУН «Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова» РАН.

В питомнике самцам линии C57BL/6 (n=120), черной масти, выполнялось внутрикожное введение суспензии клеток меланомы B16 на правом боку, в количестве 1 млн клеток/гол. Возраст мышей на начало эксперимента – 8 недель, масса – от 22 до 28 грамм.

Животные были разделены на 2 группы по 60 особей в каждой.

Опытную группу составили особи, получающие с девятого дня болезни, в течение 266 суток, ежедневное аппаратное лечение ТОР в течение 60 минут.

Контрольную группу – особи, которым лечение не проводилось.

Для лечения мышей использовали Аппарат неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» (здесь и далее Аппарат «ТОР»), апробированный в клинике для лечения пациентов

с COVID-19 Самарского государственного медицинского университета [10].

Для определения размеров локализации и количества метастазов в брюшной полости УЗИ диагностику на аппарате УЗИ Mindrey vetus 7 в условиях ветеринарной клиники «Энимал Сити». Рентгенологические исследования, для выявления наличия метастазов в легких и костных структурах проводили на рентгеновском коллиматоре Ralco R72 в условиях ветеринарной клиники «Энимал Сити». Ультразвуковую и рентгеновскую диагностику проводили на 7, 8, 10, 14, 22, 23, 29, 32, 40, 52, 70 и 184 сутки.

При проведении научных исследований придерживались требований биоэтики согласно Национальным «Общим этическим принципам экспериментов на животных», соответствующим положению «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, которые используются для экспериментальных и других научных целей» от 18 марта 1986 г., а также рекомендаций Коллегии Евразийской экономической комиссии № 33 от 14 ноября 2023 г. «О руководстве по работе с лабораторными (экспериментальными) животными при проведении доклинических (неклинических) исследований. Исследования проведены с разрешения локального этического комитета ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ (протокол № 2 от 28.05.2025 г.).

Статистическую обработку результатов исследования производили по общепринятым методикам с помощью программы Microsoft Excel 2010. Для определения доверительного интервала использовали таблицу Р. Б. Стрелкова. Изменение количественных признаков определяли с помощью непараметрического критерия Манна - Уитни. Сила линейной зависимости между двумя переменными оценивалась с помощью критерия Пирсона.

Результаты и обсуждение. Количество и локализация метастазов в брюшной полости имела самый разнообразный характер. Были поражены как регионарные, так и внутрибрюшные лимфоузлы. Хотя количественный параметр метастазирования учесть не представлялось возможным, путем ультразвукового исследования было выявлено обсеменение селезенки, почек, печени, а также общий канцероматоз брюшины и брыжейки тонкой кишки (табл. 1).

Таблица 1 - Метастазирование меланомы B16 во внутренних органах мышей линии C57BL/6 в подопытных группах (n=60 в каждой группе)

Поражения внутренних органов/ метастазирование (количество)		Периоды УЗИ диагностики, сутки						
		7	10	16	20-21	29	32	40
Лимфатические узлы	Контрольная	0	10	10	11	7	2	3
	Опытная	0	10	7	12	13	1	2
Селезенка	Контрольная	0	3	6	3	5	1	0
	Опытная	0	7	5	8	7	0	0
Почки	Контрольная	0	2	3	4	6	2	0
	Опытная	0	2	0	3	10	0	0
Печень	Контрольная	0	1	0	4	7	0	0
	Опытная	0	0	0	3	10	0	0
Канцероматоз брыжейки	Контрольная	0	1	0	4	6	0	0
	Опытная	0	0	0	5	10	0	0

Необходимо отметить, что повышенная реактивность мышей приводила к уменьшению и элиминации метастазов на 32 сутки исследования. Однако в опытной группе на фоне лечения данный процесс протекал более интенсивно и к 32 суткам метастазиро-

вания внутренних органов не было выявлено. Отмечалось лишь поражение лимфатических узлов.

Рентгенологические данные о распространенности метастатического поражения грудной клетки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Метастатическое поражение органов грудной полости и костей тела при меланоме B16 у мышей в динамике

Периоды измерений, сутки		Всего голлов	Патологические изменения/метастазы							
			легкие		сердце		деформация костей		уплотнение ткани в области привития опухолевых клеток	
			n	%	n	%	n	%	n	%
7	Конт.	7	3	48,2	0	0	0	0	4	57,1
	Опыт.	9	0	0	0	0	0	0	1	11,1
13	Конт.	6	2	33,3	0	0	0	0	6	100,0
	Опыт.	9	0	0	0	0	0	0	8	88,9
14	Конт.	8	1	12,5	1	12,5	0	0	7	77,8
	Опыт.	11	0	0	1	9,1	0	0	9	81,8
22	Конт.	20	20	100,0	0	0	2	10,0	20	100,0
	Опыт.	20	19	95,0	1	5,0	2	10,0	20	100,0
23	Конт.	19	9	47,4	0	0	2	10,5	17	89,5
	Опыт.	20	10	50,0	0	0	1	5,0	20	100
29	Конт.	18	7	38,9	0	0	4	22,2	17	94,4
	Опыт.	21	11	52,4	0	0	3	14,3	19	90,5
40	Конт.	2	0	0	0	0	1	50,0	2	100,0
	Опыт.	3	1	33,3	0	0	0	0	1	33,3
52	Конт.	1	0	0	0	0	0	0	1	100,0
	Опыт.	2	0	0	0	0	0	0	0	0
70	Конт.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Опыт.	2	0	0	0	0	0	0	0	0

По данным таблицы 2 видно, что метастазирование в легкие у животных контрольной группы наступало уже на 7 сутки исследования, в опытной группе данный процесс определялся на рентгенограммах с 22 суток. В дальнейшем, с 52 суток метастатическое поражение по результатам рентгенологического исследования грудной клетки полностью исчезает.

Дальнейшее исследование показало, что различия между максимальными линейными

размерами метастазов для опытной и контрольной групп являются статистически значимыми на 10, 21 и 29 день. Причем в опытной группе на фоне ЭМИ данные размеры были статистически значимо меньше, что проявилось особенно отчетливо на 29 день (рис.1). При этом необходимо отметить, что количество групп на день измерения отличалась. Кроме того, не представлялось возможным оценить динамику изменения размеров конкретного метастатического узла.

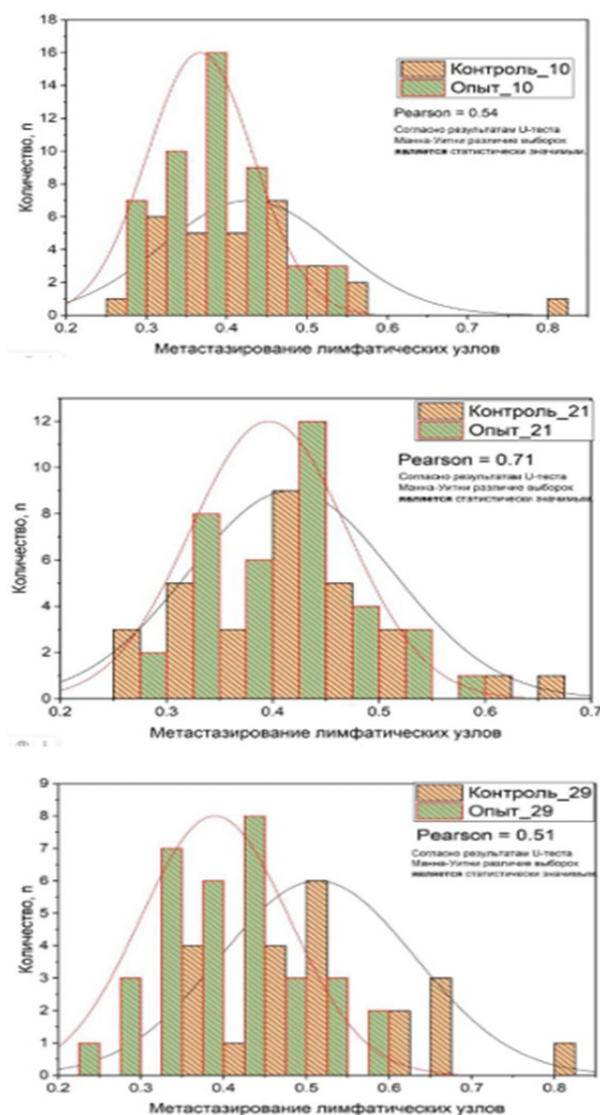


Рисунок 1—Динамика максимальных линейных размеров метастазов в регионарных лимфоузлах у мышей контрольной и опытной групп

Обсуждение. Электромагнитная терапия по результатам нашего исследования в ряде случаев приводила к статистически значимому уменьшению линейного размера метастазов меланомы B16 у мышей линии C57BL/6. Это позволяет предположить реализацию специфического цитотоксического механизма, направленного непосредственно на опухолевые клетки. Полученные данные согласуются с концепцией прямого модулирующего воздействия ЭМИ на внутриклеточный гомеостаз. Кроме этого, воздействие широкополосных электромагнитных полей ускоряло элиминацию метастатического поражения в брюшной полости и грудной клетке. Как показывают литературные данные, фундаментальным триггером биологического действия ЭМИ является его способность влиять на ионный транспорт, в первую очередь вызывая высвобождение ионов кальция (Ca^{2+}) из внутриклеточных депо [11]. Резкий рост концентрации цитоплазматического Ca^{2+} запускает каскад

вторичных факторов. В частности, связываясь с кальмодулином (CaM), Ca^{2+} может активировать конститутивную синтазу оксида азота (cNOS), что приводит к выбросу NO [12]. В условиях опухолевой ткани этот, как правило, регуляторный путь, может приобретать цитотоксические свойства. Известно, что высокие концентрации NO способны подавлять ключевые ферменты митохондриальной дыхательной цепи (например, цитохром c-оксидазу), ингибируя окислительное фосфорилирование и синтез АТФ. Нарушение работы дыхательной цепи является прямым источником резкого увеличения генерации активных форм кислорода (АФК) митохондриального происхождения. Эти АФК, в свою очередь, по принципу положительной обратной связи способны активировать провоспалительные внутриклеточные каскады, такие как инфламасома NLRP3, что еще более усугубляет повреждение митохондрий и ведет к необратимому падению их мембранного потенциала [13, 14].

Выводы:

1. Ежедневное воздействие слабым импульсным широкополосным электромагнитным излучением (ЭМИ) с помощью аппарата «ТОР» в течение 60 минут, начиная с 9-го дня после прививки меланомы В16, приводит к статистически значимому уменьшению размеров метастазов в регионарных лимфатических узлах у мышей линии С57BL/6 по сравнению с контрольной группой по U-критерию Манна-Уитни и t-критерию Стьюдента.

2. Полученные данные демонстрируют противоопухолевую эффективность неинвазивной электромагнитной терапии в отношении метастазирования меланомы В16 в условиях, когда не применялись стандартные методы лечения (лучевая и химиотерапия).

3. Наблюдаемый терапевтический эффект позволяет рассматривать широкополосное ЭМИ как перспективное физическое воздействие для разработки новых неинвазивных стратегий лечения резистентных опухолей, таких как меланома.

Литература

1. Малишевская Н. П., Соколова А. В., Демидов Л. В. Современное состояние заболеваемости меланомой кожи в Российской Федерации и федеральных округах // Медицинский совет. 2018. Т.10. С. 161-165. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-10-161-165>
2. Меланома, молекулярно-биологические аспекты этиопатогенеза: классификация, этиология, факторы риска, BRAF, NRAS мутации / Т. П. Казубская, Л. В. Мехеда, Е. И. Трофимов [и др.] // Вопросы онкологии. 2022. Т. 68. №6. С. 725-732. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-725-732>
3. Меланома кожи / Д. Л. Строяковский, Н. Х. Абдулоева, Л. В. Демидов [и др.] // Злокачественные опухоли (*Malignant tumours*). 2024. Т. 14. №3(s2). С. 300–329. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-12-12>
4. Extremely low frequency electromagnetic fields exposure during the prenatal and postnatal periods alters pro-inflammatory cytokines levels by gender / Н. Ozturk, D. Saribal, Y. M. Gelmez [et al.] // Electromagnetic Biology and Medicine. 2022. 41. 163–173. <https://doi.org/10.1080/15368378.2022.2046045>
5. Сергеев Ю. Ю., Мордовцева В. В. Меланома кожи с явлениями регресса: описание клинического случая и обзор литературы // Клиническая дерматология и венерология. 2017. Т.16. №5. С. 36-41. <https://doi.org/10.17116/klinderma201716536-41>
6. Khaddour K., Buchbinder E. I. Individualized Neoantigen-Directed Melanoma Therapy // American Journal of Clinical Dermatology. 2025. Vol. 26. №2. P. 225-235. <https://doi.org/10.1007/s40257-025-00920-4>
7. Reschke R., Enk A. H., Hassel J. C. Prognostic Biomarkers in Evolving Melanoma Immunotherapy // American Journal of Clinical Dermatology. 2025. Vol. 26. №2. P.213-223. <https://doi.org/10.1007/s40257-024-00910-y>
8. Иванов С. Д., Кошелевский В. К., Беспалов В. Г. Канцерогенное действие неонизирующих излучений окружающей среды // Успехи современной биологии. 2019. Т. 139. № 5. С. 466-486. <https://doi.org/10.1134/S0042132419050053>
9. Результаты лечения пациентов с метастатической увеальной меланомой: ретроспективное моноцентровое исследование / И. Жерко, Л. Науменко, Е. Жилева [и др.] // Вопросы онкологии. 2022. Т.68. №2. С. 224–231. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-2-224-231>
10. Эффективность аппарата неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» для дистанционного устранения COVID-19: результаты II фазы клинических испытаний / О. В. Фатенков, И. Л. Давыдкин, А. В. Яшков [и др.] // Вестник Медицинского института непрерывного образования. 2024. Т.4. №4. С. 25–34. https://doi.org/10.36107/2782-1714_2024-4-4-25-34
11. Shi K. Precise Electromagnetic Modulation of the Cell Cycle and Its Applications in Cancer Therapy // International Journal of Molecular Sciences. 2025. Т. 26, №. 9. С. 4445. <https://doi.org/10.3390/ijms26094445>
12. Франциянц Е.М., Шейко Е.А. Противоопухолевое действие электромагнитных полей и их влияние на боль в экспериментальной и клинической практике// Research'n Practical Medicine Journal. 2019. Т.6,№2. С.86-99. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
13. Gurung P., Lukens J. R., Kanneganti T. D. Mitochondria: diversity in the regulation of the NLRP3 inflammasome // Trends Mol. Med. 2015. Mar. Vol. 21. No. 3. Pp. 193– 201. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2014.11.008>
14. Shimada K., Crother T. R., Karlin J., et al. Oxidized mitochondrial DNA activates the NLRP3 inflammasome during apoptosis // Immunity. 2012. Mar. 23. Vol. 36, No. 3. Pp. 401–414 <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2012.01.009>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Внешнее финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Турканов Игорь Федорович - руководитель научного отдела, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1665-3718>

Аистова Любовь Германовна - аспирант кафедры патологии, морфологии и физиологии, e-mail: aistovalg@sgaz.pro, <https://orcid.org/0009-0006-6643-7522>

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск-на-Амуре, Россия

Флакс Григорий Арнольдович – доктор медицинских наук, медицинский советник, e-mail: flax.g@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3298-3389>

Научный центр АО «Концерн ГРАНИТ», Москва, Россия

Болоцкова Полина Николаевна – аспирант кафедры физики, <https://orcid.org/0000-0001-8260-1659>

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Грязнов Валерий Георгиевич* – кандидат физико-математических наук, заместитель руководителя научного отдела, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5751-6815>

Научный центр АО «Концерн ГРАНИТ», Москва, Россия

MODIFYING EFFECT OF WEAK BROADBAND ELECTROMAGNETIC FIELDS (EMF) ON THE PROCESS OF B16 MELANOMA METASTASIS IN C57BL/6 MICE

I. F. Turkanov, L. G. Aistova, G. A. Flaks, P. N. Bolotskova, V. G. Gryaznov

Abstract. The resistance of skin melanoma to standard drug therapy regimens necessitates the search for new treatment approaches. Therefore, studying the influence of physical factors, particularly weak non-ionizing radiation, on tumor growth processes is a relevant direction. The aim of this study was to investigate the metastasis of experimental B16 melanoma in C57BL/6 mice exposed to weak non-ionizing non-thermal pulsed electromagnetic radiation. The experiment was conducted at Far Eastern State Agrarian University. The study included 120 8-week-old male mice, divided into two groups (n=60). The animals were inoculated intradermally in the right lateral region with 1 million B16 murine melanoma cells. No specific antitumor therapy was administered to either group. Mice in the experimental group were exposed to TOR apparatus daily for 60 minutes starting on the 9th day after tumor transplantation. The control group did not receive similar procedures. The size and location of metastases in regional lymph nodes and distant organs were assessed using X-ray and ultrasound. Statistically significant differences in the maximum linear dimensions of metastases between the groups were recorded on days 10, 21 and 29. In the control group, metastasis to lung tissue was recorded as early as day 7. In the experimental group, the first signs of lung damage appeared only on the 22nd day and by the 52nd day, lung metastases were not detectable radiographically. Ultrasound examination on the 32nd day also revealed no metastases in the peripheral lymph nodes or internal organs in the animals receiving the therapy. Thus, the use of noninvasive broadband electromagnetic therapy significantly slows the rate of metastasis of B16 melanoma to the chest organs and induces regression of metastatic lesions in internal organs.

Key words: mice, oncology, tumor, B16 melanoma, skin cancer, electromagnetic radiation, EMR, tumor growth inhibition, cytoplasmic calcium, nitric oxide synthase.

For citation: Turkanov I.F., Aistova L.G., Flaks G.A., Bolotskova P.N., Gryaznov V.G. Modifying effect of weak broadband electromagnetic fields (EMF) on the process of B16 melanoma metastasis in C57BL/6 mice. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 59-64. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_59

References

1. Malishevskaya NP, Sokolova AV, Demidov LV. [Current state of skin melanoma incidence in the Russian Federation and federal districts]. Meditsinskiy sovet. 2018; Vol.10. 161-165 p. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-10-161-165>
2. Kazubskaya TP, Mekheda LV, Trofimov EI. [Melanoma, molecular biological aspects of etiopathogenesis: classification, etiology, risk factors, BRAF, NRAS mutations]. Voprosy onkologii. 2022; Vol.68. 6. 725-732 p. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-6-725-732>
3. Stroyakovskiy DL, Abduloeva NK, Demidov LV. [Skin melanoma]. Zlokachestvennyye opukholi (Malignant tumours). 2024; Vol.14. 3(s2). 300-329 p. <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.2-12>
4. Ozturk H, Saribal D, Gelmez YM. Extremely low frequency electromagnetic fields exposure during the prenatal and postnatal periods alters pro-inflammatory cytokines levels by gender. Electromagnetic Biology and Medicine. 2022; 41. 163-173 p. <https://doi.org/10.1080/15368378.2022.2046045>
5. Sergeev YuYu, Mordovtseva VV. [Skin melanoma with regression phenomena: description of a clinical case and literature review]. Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya. 2017; Vol.16. 5. 36-41 p. <https://doi.org/10.17116/klinderma201716536-41>
6. Khaddour K, Buchbinder EI. Individualized neoantigen-directed melanoma therapy. American Journal of Clinical Dermatology. 2025; Vol.26. 2. 225-235 p. <https://doi.org/10.1007/s40257-025-00920-4>
7. Reschke R, Enk AH, Hassel JC. Prognostic biomarkers in evolving melanoma immunotherapy. American Journal of Clinical Dermatology. 2025; Vol.26. 2. 213-223 p. <https://doi.org/10.1007/s40257-024-00910-y>
8. Ivanov SD, Koshelevskiy VK, Besspalov VG. [Carcinogenic effect of non-ionizing radiation of the environment]. Uspekhi sovremennoy biologii. 2019; Vol.139. 5. 466-486 p. <https://doi.org/10.1134/S0042132419050053>
9. Zherko I, Naumenko L, Zhilyaeva E. [Treatment results in patients with metastatic uveal melanoma: a retrospective monocentric study]. Voprosy onkologii. 2022; Vol.68. 2. 224-231 p. <https://doi.org/10.37469/0507-3758-2022-68-2-224-231>
10. Fatenkov OV, Davydkin IL, Yashkov AV. [Efficiency of TOR non-invasive electromagnetic therapy device for the remote elimination of COVID-19: results of phase II clinical trials]. Vestnik Meditsinskogo instituta nepreryvnogo obrazovaniya. 2024; Vol.4. 4. 25-34 p. https://doi.org/10.36107/2782-1714_2024-4-4-25-34
11. Shi K. Precise electromagnetic modulation of the cell cycle and its applications in cancer therapy. International Journal of Molecular Sciences. 2025; Vol.26. 9. 4445 p. <https://doi.org/10.3390/ijms26094445>
12. Frantsiyants EM, Sheyko EA. [Antitumor effect of electromagnetic fields and their influence on pain in experimental and clinical practice]. Research'n Practical Medicine Journal. 2019; Vol.6. 2. 86-99 p. <https://doi.org/10.17709/2409-2231-2019-6-2-9>
13. Gurung P, Lukens JR, Kanneganti TD. Mitochondria: diversity in the regulation of the NLRP3 inflammasome. Trends Mol. Med. 2015; Mar. Vol.21. No.3. 193-201 p. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2014.11.008>
14. Shimada K, Crother TR, Karlin J. Oxidized mitochondrial DNA activates the NLRP3 inflammasome during apoptosis. Immunity. 2012; Mar.23. Vol.36. No.3. 401-414 p. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2012.01.009>

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Turkanov Igor Fedorovich - Head of Research Department, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1665-3718>
Aistova Lyubov Germanovna - post-graduate student of Pathology, Morphology and Physiology Department, e-mail: aistovalg@sgaz.pro, <https://orcid.org/0009-0006-6643-7522>
Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia.
Flaks Grigoriy Arnoldovich - Doctor of Medical Sciences, medical advisor, e-mail: flax.g@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0009-0007-3298-3389>
Research Center of JSC Concern GRANIT, Moscow, Russia.
Bolotskova Polina Nikolaevna - post-graduate student of Physics Department, <https://orcid.org/0000-0001-8260-1659>
Bauman Moscow State Technical University (National Research University), Moscow, Russia.
Gryaznov Valeriy Georgievich* - Ph.D. of Physics and Mathematics, Deputy Head of Research Department, e-mail: office@granit-concern.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5751-6815>
Research Center of JSC Concern GRANIT, Moscow, Russia.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ ОБТУРАЦИИ СИСТЕМЫ КОРНЕВЫХ КАНАЛОВ ЗУБОВ В ВЕТЕРИНАРНОЙ СТОМАТОЛОГИИ

А. О. Фёдорова, А. В. Ларинская

Реферат. Цель работы - систематизация и углубленный анализ современных научных представлений о методологии obturation корневых каналов зубов. В стоматологии существуют такие методы obturation корневых каналов, как латеральная конденсация, вертикальная конденсация (горячая гуттаперча), система «Термафил», техника одного штифта (с биокерамическим силером «Гуттабонд» (ВладМиВа, Россия); «Dia-Root Bio Sealer» (Diadent, Корея); «Endoseal MTA» (Geosoft, Израиль). На смену механистической парадигме, ориентированной на максимально плотное пространственное заполнение, пришла биологически обоснованная модель, где obturation выступает не как самоцель, а как критически важный элемент комплексного лечебного протокола. Ключевым вектором развития стал отход от пассивной изоляции к активному взаимодействию с тканями периодонта, что стало возможно благодаря революционным изменениям в материаловедении, в первую очередь — внедрению биокерамических силеров на основе силикатов кальция обладающих гидрофильностью, биоактивностью, способностью к минимальному расширению и формированию минеральной связи с дентином. Новые материалы не отменили ценность классических методик. Вертикальная конденсация разогретой гуттаперчи и латеральное уплотнение сохраняют свое место в арсенале для решения специфических задач, таких как работа со сложной анатомией или обширными дефектами. Современная клиническая логика заключается не в поиске универсального «лучшего» метода, а в осознанном выборе оптимального сочетания техники, основного наполнителя и силера, адаптированного к конкретным анатомическим условиям и клиническому сценарию. Важнейшим выводом является подтверждение тотальной зависимости этапа obturation от качества всех предшествующих шагов лечения. Результат obturation на сто процентов детерминирован точностью диагностики, корректностью доступа, тщательностью механической обработки и эффективностью антимикробной ирригации. Попытка компенсировать недостатки дезинфекции безупречной obturation обречена на отдаленную неудачу. Равным образом идеально запломбированный канал теряет свой смысл без своевременной и герметичной коронарной реставрации, которая обеспечивает защиту от повторного инфицирования.

Ключевые слова: obturation корневых каналов, гуттаперча, эндодонтический силер, герметизм корневого канала, латеральная конденсация, периапикальные ткани.

Для цитирования: Фёдорова А.О., Ларинская А.В. Анализ современных материалов и методов obturation системы корневых каналов зубов в ветеринарной стоматологии // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 65-74 http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_65.

Введение. Эндодонтическое лечение, направленное на сохранение зубов с необратимым поражением пульпы, завершается ключевым этапом — obturation корневых каналов. Эта процедура, термин которой восходит к латинскому *obturare* («закрывать», «запечатывать»), преследует фундаментальную цель: создать максимально полную и стабильную преграду внутри корневой системы. Такой барьер призван предотвратить повторное проникновение микроорганизмов из ротовой полости, изолировать оставшиеся после медикаментозной обработки бактерии и их токсины, а также блокировать поступление тканевой жидкости, которая могла бы стать питательной средой. Долгосрочный успех всего лечения напрямую зависит от качества достигнутой трёхмерной герметизации, объединяющей апикальное, латеральное и коронарное уплотнение.

Исторический путь развития методов obturation отражает постоянный поиск оптимального баланса между эффективностью, безопасностью и практичностью. От использования паст на основе параформальдегида или серебряных штифтов, которые со временем подвергались коррозии, проявляли токсичность и не

обеспечивали надежного барьера, стоматология перешла к принципиально иной парадигме. Доминирующим стандартом на долгое время стала комбинация гуттаперчи в качестве основного наполнителя (кор-материала) и герметика (силера). Гуттаперча представляет собой натуральный термопластичный материал, получаемый из млечного сока тропических деревьев семейства сапотовых с добавлением воска, окиси цинка и сульфатных солей металла, завоевала признание благодаря своей биосовместимости, рентгеноконтрастности, пластичности при нагревании и относительной простоте удаления в случае необходимости перелечивания. Однако её принципиальный недостаток — отсутствие адгезии к дентину и способность к незначительной усадке при охлаждении — обусловил критическую зависимость результата от техники уплотнения и свойств используемого силера [1].

Именно силер, заполняющий микроскопические пространства между стенкой канала, гуттаперчей и сложными анатомическими ответвлениями, играет решающую роль в создании конечного барьера. На протяжении десятилетий основными классами материалов

для этой цели оставались цинк-оксид-эвгенольные, на основе гидроксида кальция, стеклоиономерные и эпоксидные смолы. Каждый из них имеет свои компромиссы: например, эвгенол может оказывать раздражающее действие на периапикальные ткани, а смолы — потенциально выделять формальдегид. Большинство традиционных силеров также характеризуются той или иной степенью усадки при отверждении и растворимости в тканевых жидкостях, что со временем может приводить к образованию микроподтеканий и нарушению герметизма [2].

Для компенсации этих недостатков были разработаны и усовершенствованы различные клинические техники obturation, направленные на максимальное плотное заполнение канального пространства гуттаперчей. Метод латеральной (холодной) конденсации, основанный на последовательном введении и уплотнении дополнительных гуттаперчевых штифтов вокруг основного, стал классическим благодаря своей предсказуемости и контролируемости. Более сложные в исполнении методики вертикальной (горячей) конденсации разогретой гуттаперчи, включая технику «непрерывной волны», позволяют добиться лучшей адаптации материала к неправильной форме каналов, в том числе к ответвлениям и перешейкам [2]. Также используются термопластические методы с инъекцией разогретого материала или применением готовых носителей (термафилов), покрытых гуттаперчей. Общей философией этих подходов было максимальное заполнение объема канала именно кор-материалом (гуттаперчей), сводя слой силера к возможному минимуму, поскольку он традиционно считался «слабым звеном» obturation [3].

Однако в последнее десятилетие в эндодонтии произошла настоящая революция, связанная с появлением и широким внедрением биокерамических (кальций-силикатных) силеров нового поколения, таких как EndoSequence BC Sealer и BioRoot RCS. Эти гидравлические цементы обладают уникальным набором свойств: они биосовместимы, проявляют биоактивность (стимулируя процессы минерализации), имеют высокий pH, обеспечивающий выраженный антибактериальный эффект, и, что наиболее важно, характеризуются минимальной усадкой или даже незначительным расширением при отверждении. Благодаря превосходной текучести и стабильности объема, эти силеры перестали рассматриваться лишь как вспомогательный материал. Это привело к кардинальному пересмотру философии obturation — переходу от «гуттаперча-центричной» к «силер-центричной» модели [3].

Трендом является минимально инвазивная эндодонтия, ставящая целью сохранение максимального объема жизнеспособного дентина. Это достигается за счёт применения тонких гибких инструментов, усовершенствованных протоколов ирригации и щадящих методов obturation, таких как модифицированная техника одного штифта с биокерамическим

силером. Исследования демонстрируют, что современные технологии, например, система трёхмерной obturation Thermafil в сочетании с адгезивной реставрацией, позволяют достичь эффективности лечения на уровне 95,4% при наблюдении до двух лет [4]. На практике это выразилось в реабилитации и широком признании техники одного штифта (single-cone), которая ранее считалась недостаточно надежной. В современной интерпретации, после тщательной подготовки канал заполняют биокерамическим силером, после чего вводят подходящий по размеру и конусности гуттаперчевый штифт. Этот штифт создает гидравлическое давление, распределяя силер по всей сложной системе канала, включая микроответвления и дентинные канальцы [5].

Данный метод, также известный как «гидравлическая конденсация», отличается технической простотой, меньшей трудоемкостью и исключает риск возникновения напряжений в корне зуба, которые возможны при силовых методах латерального уплотнения. Исследования с использованием микро-КТ демонстрируют, что качество obturation, достигнутое этим упрощенным методом с биокерамическими силерами, сравнимо с результатами традиционных техник [6].

Выбор конкретной методики и материалов остается за клиницистом и должен основываться на комплексной оценке клинической ситуации. Ключевыми факторами являются анатомическая сложность корневой системы (изгибы, овальная форма канала), степень исходной инфекции, наличие перфораций или резорбций. Современные рекомендации подчеркивают, что безупречная obturation невозможна без предшествующей тщательной механической обработки и антимикробной ирригации канала. При этом финальное качество всегда зависит от двух равнозначных компонентов: герметичности корневой пломбы и надежности коронарной реставрации, предотвращающей попадание слюны и бактерий сверху [7].

Основной целью данной работы является систематизация и углубленный анализ современных научных представлений о методологии obturation корневых каналов.

Условия, материалы и методы. Статья направлена на выявление ключевых тенденций, оценку эволюции материалов и техник, а также на определение принципов выбора клинического протокола, основанных на доказательных данных. Для реализации этой цели последовательно решаются следующие аналитические задачи:

- Провести сравнительный анализ физико-химических и биологических характеристик основных классов герметизирующих материалов, уделив особое место революционному влиянию биокерамических силеров на философию obturation;

- Исследовать теоретические основы и клиническую логику различных методов пломбирования.

Объектом выступает совокупность современных научных знаний, клинических рекомендаций и технологических разработок в области obturation корневых каналов. Работа построена на критическом осмыслении широкого круга актуальных источников, включая систематические обзоры, мета-анализы, рандомизированные клинические исследования и экспертные заключения, опубликованные в авторитетных международных изданиях за последнее десятилетие.

При написании статьи был проведен детальный и углубленный анализ 34 актуальных источников литературы из них 8 научных статей на русском языке и 26 на английском, индексируемых в международных базах данных PubMed, Web of Science, Google Scholar, представленных на платформе elibrary.ru и охватывающих период с 2015 по 2025 гг. Для формирования статьи рассматривали многолетнюю историю эндодонтии для пломбирования корневого канала от заполнения пастой до трехмерной obturation.

Выборка статей осуществлялась на основании высокого уровня цитируемости и частоте встречаемости данных научных работа в других литературных источниках.

Результаты и их обсуждение. Эволюция obturation. В начале XX века доминирующей и крайне разрушительной для эндодонтии стала «теория фокальной инфекции». Выдвинутая на основе методологически сомнительных исследований, она утверждала, что бактерии из инфицированной пульпы или корневого канала могут вызывать системные заболевания – от артрита до болезней сердца [5]. Это привело к массовым превентивным удалением зубов, поставив под угрозу само существование эндодонтии как специальности. Ответом научного сообщества стала активная работа по доказательству безопасности консервативного лечения. Критическим поворотным пунктом стала публикация в 1951 году специального выпуска журнала Американской стоматологической ассоциации (ADA), где на основе анализа литературы был провозглашен курс на сохранение зубов с некротизированной пульпой. Этот шаг реабилитировал эндодонтическое лечение, но поставил перед ним новую сложную задачу: научно обосновать, как и чем можно надёжно изолировать корневую систему от организма [8].

В этот период сформировалась и первая фундаментальная философия obturation — философия механической, или пространственной, герметизации. Её теоретической основой послужила «теория поллой трубки» (1931 г.), согласно которой даже инертный материал, оставляющий незаполненное пространство в канале, вызывает раздражение периапикальных тканей за счёт диффузии тканевых жидкостей. Хотя позднее эта теория была опровергнута (исследования 1960-х гг. показали, что причиной периодонтита являются микробы, а не пустота как таковая), она прочно утвердилась в сознании клиницистов идеал «трехмерного заполнения». Целью стала максимально плотная механическая obturation всего просвета канала с целью создания барьера для любых жидкостей и потенциальных токсинов [9].

На более чем 150 лет основным материалом для достижения этой цели стала гуттаперча, впервые применённая в эндодонтии в 1867 году. Её популярность была обусловлена биосовместимостью, стабильностью и рентгеноконтрастностью. Для компенсации её главного недостатка — отсутствия адгезии к дентину — были разработаны и доведены до совершенства сложные техники уплотнения: латеральная и вертикальная конденсация, термопластические методы. Эти методы позволяли добиваться высокой степени заполнения основного канала гуттаперчевой массой [10].

Лимитирующие факторы анатомии. Ещё в 1925 году работы Хесса и Цюрхера, а позднее микрокомпьютерная томография показали, что система корневых каналов имеет невообразимо сложную морфологию с истмусами, ответвлениями и лакунами, которые невозможно полноценно очистить и заполнить механически. Например, в апикальной трети число дентинных канальцев может достигать 20000-40000 на мм² при диаметре всего 1-4 мкм, что делает их недоступными для стандартных методов obturation.

Биологическая пассивность. Гуттаперча и большинство силеров того времени (цинк-оксид-эвгенольные, эпоксидные смолы) были биологически инертны. Они не участвовали в процессах заживления, не обладали выраженной антимикробной активностью и могли со временем терять герметизм из-за усадки, растворения или микроподтекания [11].

Смещение приоритетов: Акцент на безупречном заполнении иногда заслонял более важный этап — антимикробную обработку. Современные исследования однозначно показали, что апикальный периодонтит — это инфекционное заболевание, а ключом к успеху является именно эрадикация инфекции, а не сам по себе факт плотного заполнения [12].

Современная философия obturation, формирующаяся с начала XXI века, совершила радикальный сдвиг — от пассивного заполнения пространства к активному биологическому взаимодействию с тканями периодонта. Этот подход основан на нескольких принципах:

- Приоритет дезинфекции. Obturation больше не считается главным этапом лечения. Её роль переопределена как «запечатывание» результатов успешной дезинфекции. Качественная obturation призвана предотвратить реинфекцию канала, сохранив среду, созданную тщательной механической и медикаментозной обработкой.

- Переход к «силер-центричной» модели. Произошла смена парадигмы с «гуттаперча-центричной» (где силер — вспомогательный материал) на «силер-центричную». В этой модели именно силер, а не гуттаперча, становится основным агентом герметизации. Это стало возможным благодаря появлению нового класса материалов — биокерамических (кальций-силикатных) силеров [13, 14, 15].

- Биоактивность как краеугольный камень. Современные биокерамические силеры (на основе МТА и других гидравлических силикатов) не просто заполняют пространство.

Они являются гидрофильными, требуют наличия влаги для отверждения и обладают ключевыми свойствами: незначительным контролируемым расширением при застывании (компенсирующим усадку), высоким pH (длительный антибактериальный эффект) и, что самое важное, биоактивностью [10]. Они способны выделять ионы кальция и гидроксила, стимулируя образование апатитоподобных кристаллов (гидроксиапатита, три- и дикальцийфосфатов) на своей поверхности и в дентинных канальцах, что приводит к формированию настоящей минеральной микрозацепки с дентином, участвуют в стимуляции остеогенеза. Это связано с биосовместимостью материалов, их способностью вызывать регенеративную реакцию в организме и оказывать остеокондуктивное действие. Этот процесс превращает силер из пассивной прослойки в интегральную часть биологической среды корня [16].

- Упрощение техники. Биологические свойства новых силеров позволили реабилитировать и переосмыслить технику одного штифта. Теперь она трактуется не как упрощение, а как гидравлическая техника, при которой высокотекучий биокерамический силер под давлением конуса заполняет все микроскопические пространства корневой системы, а гуттаперчевый штифт служит в основном для доставки и создания этого давления [17].

Современная классификация и сравнительный анализ герметизирующих материалов (силеров). Качество эндодонтического лечения в долгосрочной перспективе неразрывно связано с надежностью obturации корневой системы. Гуттаперча, будучи основным пломбировочным материалом, в силу своей жесткости не способна самостоятельно адаптироваться к сложной анатомии канала, заполнить латеральные ответвления, истмусы и микроскопические неровности дентинных стенок. Эту критически важную функцию выполняют силеры, предназначенные для создания монолитного барьера. Их роль эволюционировала от простого связующего агента до активного компонента, определяющего биологический успех лечения. В современной стоматологии существует несколько классов силеров, кардинально различающихся по химическому составу, механизмам отверждения и биологическим свойствам. Ни один из существующих материалов не соответствует всем критериям идеального эндогерметика, сформулированным еще Гроссманом, что делает осознанный выбор на основе сравнительного анализа ключевым для клинициста (табл.1) [18, 19, 20].

Современная классификация и сравнительный анализ герметизирующих материалов (силеров). Качество эндодонтического лечения в долгосрочной перспективе неразрывно связано с надежностью obturации корневой системы. Гуттаперча, будучи основным пломбировочным материалом, в силу своей жесткости не способна самостоятельно адаптироваться к сложной анатомии канала, заполнить латеральные ответвления, истмусы и микроскопические неровности дентинных стенок. Эту критически важную функцию выполняют силеры, предназначенные для создания монолитного барьера. Их роль эволюционировала от простого связующего агента до активного компонента, определяющего биологический успех лечения. В современной стоматологии существует несколько классов силеров, кардинально различающихся по химическому составу, механизмам отверждения и биологическим свойствам. Ни один из существующих материалов не соответствует всем критериям идеального эндогерметика, сформулированным еще Гроссманом, что делает осознанный выбор на основе сравнительного анализа ключевым для клинициста (табл.1) [18, 19, 20].

Таблица 1 - Современная классификация и сравнительный анализ силеров

Силеры/основные представители	Ключевые преимущества	Основные недостатки
На основе оксида цинка и эвгенола (Endomethasone)	Антисептическое и противовоспалительное действие эвгенола, хорошее прилегание к стенкам корня зуба	Аллергичен, токсичен (подавляет локальный иммунный ответ), высокая растворимость, склонен к усадке, низкая химическая адгезия
На основе гидроксида кальция (Sealapex, Apexit)	Антимикробная активность за счет высокого уровня pH	Высокая степень рассасывания в корневом канале, отсутствие химической адгезии
На основе эпоксидных смол (AH Plus, Adseal)	Минимальной усадке (менее 0,2%), отличная адгезия, хорошей рентгеноконтрастность, биосовместимость	Процесс полимеризации чувствителен к влаге
Стеклоиономерные силеры (Ketac-Endo)	Герметичность, противокариозное действие за счет фтора, высокая биосовместимость.	Практическая невозможность полного удаления при перелечении, для оптимальной химической адгезии требуется кондиционирование стенок канала, что не всегда выполнимо технически.
Биокерамические - силикаткальциевые (ProRoot MTA, MTA Fillapex, EndoSequence BC Sealer)	Гидрофильность, биоактивность, биосовместимость, антимикробная активность за счет высокого pH, остеогенный потенциал за счет выделения ионов кальция и гидроксила, что в свою очередь стимулирует образование апатитоподобных кристаллов (гидроксиапатита, три- и дикальцийфосфатов) которые участвуют в стимуляции остеогенеза, регенеративная реакция, остеокондуктивное действие.	Высокая стоимость, сложность удаления из корневого канала при перелечивании, чувствительность к влаге в процессе твердения.
На основе резорцин-формалиновой смолы (Forfenan)	Высокие диффузионные свойства	Высокая токсичность, мутагенные свойства, окрашивание твердых тканей зуба в розовый цвет, хрупкость твердых тканей, значительная усадка.

Методы obturации: техники, технологии и их клиническая логика. В основе большинства классических методов лежит использование гуттаперчи — материала, ценного за биосовместимость, стабильность объема и возможность контролируемого введения. Стандартом, с которым сравнивают новые технологии, является метод латеральной (боковой) конденсации холодной гуттаперчи. Его суть заключается в послойном заполнении канала основным и дополнительными гуттаперчевыми штифтами, которые уплотняются специальным инструментом (спредером) в боковом направлении. Этот метод предсказуем, технически отработан и не требует сложного оборудования, что объясняет его широкое распространение. Однако его основной недостаток — риск неполного заполнения сложных анатомических пространств, таких как латеральные каналы, перешейки или область бифуркации, так как холодная гуттаперча обладает ограниченной текучестью [21].

Ответом на это ограничение стало развитие методов вертикальной конденсации разогретой гуттаперчи. В этих техниках (например, классическая методика Шайдера или использование современных инжекторных систем) гуттаперча размягчается термически прямо в канале, приобретая свойства термопластичной массы. Последовательное внесение и уплотнение (конденсация) горячих порций

материала в вертикальном направлении позволяет эффективнее заполнять не только основной канал, но и его микроответвления, обеспечивая более плотную трехмерную obturацию. Клиническая логика метода смещается с механического уплотнения отдельных штифтов к созданию единой монолитной гуттаперчевой массы, адаптированной к сложному рельефу системы [22].

Стремление к стандартизации и ускорению процесса привело к разработке системы «Термафил» (Thermafil) и ее аналогов. Этот метод использует предварительно изготовленный пластиковый или металлический носитель (стержень), покрытый слоем гуттаперчи. После подготовки канала и внесения силера носитель разогревается в специальной печи и вводится в канал на всю рабочую длину. Размягченная гуттаперча под давлением равномерно заполняет пространство. Главное преимущество — скорость: obturация одного канала занимает около 30 секунд. Однако ключевой недостаток — трудность или даже невозможность качественного удаления пластикового носителя при необходимости перелечивания, что ограничивает его применение в прогнозируемо сложных случаях [23].

Сводные данные по основным методам, основанные на клинических наблюдениях и анализе литературы, представлены (табл. 2).

Таблица 2 - Сравнительный анализ клинической эффективности современных методов obturации

Метод obturации	Ключевые преимущества	Основные недостатки	Успех лечения
Латеральная конденсация	Предсказуемость, отработанная техника, контроль на каждом этапе, простота удаления при перелечивании	Риск неполного заполнения сложной анатомии; более длительное время выполнения; риск возникновения напряжений в корне	85-90%
Вертикальная конденсация (горячая гуттаперча)	Лучшее заполнение латеральных каналов и перешейков; создание монолитной пломбы	Высокие требования к технике; риск выведения материала за верхушку	88-92%
Система «Термафил»	Высокая скорость работы (около 30 сек. на канал); хорошая адаптация к форме канала	Практическая невозможность полного удаления при перелечивании	85-90%
Техника одного штифта (с биокерамическим силером «Гуттабонд» (ВладМиВа, Россия); «Dia-Root Bio Sealer» (Diadent, Корея); «Endoseal MTA» (Geosoft, Израиль))	Минимально инвазивна, проста, биоактивность силера, снижение стресса для корня	Зависимость от идеальной подготовки канала; критически важное качество силера	90-94%

Долгосрочный прогноз эндодонтически леченого зуба формируется под влиянием комплекса факторов, которые условно делятся на управляемые врачом и объективные, не поддающиеся коррекции в процессе лечения.

Ключевым прогностическим фактором, является предоперационный статус периапикальных тканей. Наличие апикального периодонтита до эндодонтического лечения значительно снижает шансы на успех [24].

Среди независимых факторов наибольшую сложность представляют анатомические особенности (сильная кривизна, С-образные каналы, кальцификация), наличие недиагностированных трещин корня. Последние, особенно с образованием изолированных пародонтальных карманов, считаются одним из наиболее неблагоприятных прогностических признаков. Таким образом, итоговый успех является производным от мастерства врача, позволяющего максимизировать контролируемые факторы, и исходных условий, которые определяют биологический потенциал заживления [25].

Оценка качества obturation начинается с интраоперационной радиовизиографии для контроля плотности заполнения и отсутствия явных пор. Однако рентгенография даёт лишь двумерное изображение трёхмерного объекта. Более точную, хотя и не всегда обязательную в рутинной практике, оценку предоставляет конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ), позволяющая визуализировать заполнение в разных плоскостях [26]. Эффективность любого метода напрямую зависит от качества предшествующих этапов. Использование операционного микроскопа позволяет визуализировать устья дополнительных каналов, контролировать удаление старого материала и повышает точность всех манипуляций. Ультразвуковая активация ирригантов и силеров значительно улучшает их проникновение в дентинные трубочки и способствует удалению так называемого «смазанного слоя» — смеси дентинных опилок, микроорганизмов и органического дентина, которая при отсутствии обработки может нарушать адгезию силера и служить источником реинфекции.

Важнейшим аспектом является и точное определение рабочей длины. Современные данные показывают, что апикальное отверстие может находиться на расстоянии до 2,5 мм от анатомической верхушки корня, а физиологическое сужение — примерно в 0,5 мм от отверстия. Поэтому установка мастер-штифта или окончание пломбировочного материала должна ориентироваться не на рентгенологическую верхушку, а на электронное определение апикального сужения, чтобы избежать как недопломбирования, так и выведения материала за пределы корня [27].

Клинические аспекты и интеграция в протокол лечения. Ключевым аспектом становится не выбор якобы «самого лучшего» метода, а адаптация техники и материалов к конкретным анатомическим условиям и клиническому сценарию [28]. Согласно стандартам, в процессе

эндодонтического лечения требуется выполнение как минимум четырёх снимков: диагностического, для определения рабочей длины, для контроля качества obturation и для оценки отдалённых результатов [29, 30, 31].

Качество коронарной реставрации после завершения эндодонтического лечения не менее значимо, чем сама obturation. Герметичная постоянная реставрация, особенно с использованием культевых вкладок и коронок, критически важна для предотвращения коронарной микропротечки — повторного проникновения микроорганизмов из ротовой полости в корневую систему. Данные свидетельствуют, что литые реставрации (вкладки/накладки) на эндодонтически леченых зубах обеспечивают лучшую защиту от подтекания, чем прямые реставрации. Пренебрежение этим этапом сводит на нет все предыдущие усилия, поскольку даже идеально запломбированный канал остаётся уязвимым без надёжной коронковой «крыши» [32].

Фундаментом для качественной obturation служит точное определение рабочей длины. Современный стандарт предполагает комбинацию электронного апекслокатора, определяющего сужение, и рентгенологического контроля [33].

Нельзя добиться герметичной obturation в недостаточно очищенном канале. После инструментальной обработки на стенках формируется смазанный слой — смесь дентинных опилок, остатков пульпы, микроорганизмов и их токсинов, он нарушает адгезию силера к дентину, приводя к микроподтеканиям. Поэтому его удаление — обязательный этап протокола. Для этого применяется комбинация ирригантов. Гипохлорит натрия (NaOCl) остаётся золотым стандартом для растворения органического компонента и дезинфекции. Его эффективность как растворителя напрямую зависит от концентрации: максимальный эффект демонстрирует 5% раствор, однако даже 1% раствор при достаточной экспозиции обеспечивает необходимое антимикробное действие. Для удаления неорганической части смазанного слоя используются хелатирующие агенты, такие как ЭДТА [31]. Финальное промывание и тщательная, но не чрезмерная, сушка канала бумажными штифтами — обязательное условие перед внесением силера [32, 33, 34].

Выбор техники obturation — это клиническое решение, основанное на анатомии и конкретных условиях.

Выводы. Современная эндодонтия пережила фундаментальную трансформацию в подходе к obturation корневых каналов. На смену механистической парадигме, ориентированной на максимально плотное пространственное заполнение, пришла биологически обоснованная модель, где obturation выступает не как самоцель, а как критически важный элемент комплексного лечебного протокола. Ключевым вектором развития стал отход от пассивной изоляции к активному взаимодействию

с тканями периодонта. Этот сдвиг стал возможен благодаря революционным изменениям в материаловедении, в первую очередь — внедрению биокерамических силеров на основе силикатов кальция. Их уникальные свойства — гидрофильность, биоактивность, способность к минимальному расширению и формированию минеральной связи с дентином — переопределили саму философию герметизации. Акцент сместился с безупречной механической адаптации гуттаперчи, зачастую требующей агрессивного препарирования, на гарантированное распространение и отверждение силера во всей микроскопической архитектуре корневой системы. Это позволило реабилитировать технику одного штифта, превратив ее из упрощенного метода в высокопредсказуемый стандарт, соответствующий принципам минимальной инвазивности. Однако новые материалы не отменили ценность классических методик. Вертикальная конденсация разогретой гуттаперчи и латеральное уплотнение сохраняют свое место в арсенале для решения специфических задач, таких как работа со сложной анатомией или обширными дефектами. Современная клиническая логика заключается не в поиске универсального «лучшего» метода, а в осознанном выборе оптимального сочетания техники, основного наполнителя и силера, адаптированного

к конкретным анатомическим условиям и клиническому сценарию. Критерием успеха становится достижение прогнозируемой долговременной герметичности при минимизации риска ятрогенных осложнений. Важнейшим выводом является подтверждение тотальной зависимости этапа obturation от качества всех предшествующих шагов лечения. Результат obturation на сто процентов детерминирован точностью диагностики, корректностью доступа, тщательностью механической обработки и, что особенно критично, эффективностью антимикробной ирригации. Попытка компенсировать недостатки дезинфекции безупречной obturation обречена на отдаленную неудачу. Равным образом идеально запломбированный канал теряет свой смысл без своевременной и герметичной коронарной реставрации, которая обеспечивает защиту от повторного инфицирования.

В конечном счёте, успех эндодонтического лечения — это интегральный показатель. Он лишь на 50-60% зависит от мастерства врача и соблюдения технологического протокола. Остальные 40-50% определяются факторами, на которые клиницист повлиять не может: исходной агрессивностью инфекции, индивидуальной реакцией иммунной системы животного, наличием трещин корня.

Литература

1. Ретроспективный анализ качества пломбирования корневых каналов по данным конусно-лучевой компьютерной томографии / А. А. Адамчик, В. В. Дорогань, Е. С. Запорожская-Абрамова [и др.] // Эндодонтия Today. 2022; 20(2): 102-108. <https://doi.org/10.36377/1726-7242-2022-20-2-102-108>.
2. Амелюхина Ж. Ю., Фурцев Т. В., Зеер Г. М. Лабораторное исследование качества obturation корневых каналов зубов при применении различных методик медикаментозной обработки корневых каналов. Эндодонтия Today. 2023; 21(1): 4-9. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2023-21-1-4-9>.
3. Современная методика obturation и реставрации фронтальной группы зубов / Ш. Ф. Джураева, М. В. Воробьев, В. В. Гушин [и др.] // Научное обозрение. Медицинские науки. 2018. № 2. С. 5-8. EDN: YUKCDZ.
4. Анализ качества obturation корневых каналов зубов / Е. Л. Захарова, Л. А. Горева, Э. Г. Балаян, Б. А. Ситников // The Scientific Heritage. 2021. № 67-2. С. 53-57. EDN: BVTXMN.
5. Оптимизация дезинфекции системы корневых каналов с использованием лазера / К. Н. Керимова, И. В. Багдасарова, М. К. Макеева, А. В. [и др.] // Эндодонтия Today. 2019; 17(4): 43-45. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-43-45>.
6. Ключко К., Манак Т. Оценка качества obturation корневых каналов при использовании КЛИТ // Актуальные проблемы стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. 2022. Т. 4. № 1(01). С. 166. URL: <https://inlibrary.uz/index.php/problems-dentistry/article/view/15323>.
7. Использование лазерных биомедицинских технологий в комплексном лечении гиперчувствительности дентина при генерализованной форме пародонтита / А. В. Митронин, Е. В. Володина, Е. А. Апарина, Н. С. Ярбабаева [и др.] // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. 2021; (75): 30-35. EDN: VZQRPJ.
8. Сравнительный анализ степени механической очистки стенки корневого канала при использовании различных лазерных систем и фотосенсибилизаторов / Л. Ю. Орехова, Т. В. Порхун, В. Ю. Вашнева [и др.] // Эндодонтия Today. 2018; 4: 67-69. <https://doi.org/10.25636/PMP.2.2018.4.16>.
9. Comparative Evaluation of Sealing Ability of New MTA Based Sealers with Conventional Resin Based Sealer: An In-vitro Study / L. Ahuja, P. Jasuja, K. Verma [et al.] // J. Clin Diagn Res. 2016. Vol. 10. No. 7. P. ZC76-ZC79. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18909.8194>.
10. Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial / A. Atav Ates, A. Dumani, O. Yoldas, I. Unal // Clin Oral Investig. 2019. Vol. 23. P. 3053-3061. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2721-6>.
11. Arias-Moliz M., Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers // J. Dent. 2016. Vol. 52. P. 30-36. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.06.006>.
12. Comparative Analysis of Different Root Canal Sealers' Cytotoxicity to Human Cells / A. Arya, M. Hema, G. Ukey [et al.] // J. Pharm Bioallied Sci. 2025. Vol. 17. Suppl. 2. P. S1433-S1435. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_70_25.
13. Atmeh A. R., Hadis M., Camilleri J. Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels // Int Endod J. 2020. Vol. 53. P. 698-708. <https://doi.org/10.1111/iej.13270>.
14. Long-term clinical outcome of teeth obturated with Resilon / B. J. Barborka, K. F. Woodmansey, G. N. Glickman [et al.] // J. Endod. 2017. Vol. 43. P. 556-560. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.013>.

15. Complete Obturation-Cold Lateral Condensation vs. Thermoplastic Techniques: A Systematic Review of Micro-CT Studies / S. Bhandi, M. Mashyakh, A. S. Abumelha [et al.] // *Materials* (Basel). 2021. Vol. 14. No. 14. 4013 p. <https://doi.org/10.3390/ma14144013>.
16. Boutsoukis C., Arias-Moliz M. T. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods // *Int Endod J*. 2022. Vol. 55. P. 588–612. <https://doi.org/10.1111/iej.13696>.
17. Boutsoukis C., Nova P. G. Syringe irrigation in minimally shaped root canals using 3 endodontic needles: a computational fluid dynamics study // *J. Endod*. 2021. Vol. 47. P. 1487–1495. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.06.006>.
18. Postoperative pain and one year follow up success rate of warm vertical compaction, single cone, coneless and bioconeless obturation methods / C. Bugea, F. Cerutti, F. Ongaro [et al.] // *J. Osseointegration*. 2022. Vol. 14. P. 209–216. <https://doi.org/10.23805/JO.2022.14.04.3>.
19. The effects of calcium silicate- and calcium hydroxide-based root canal sealers on postoperative pain: a randomized clinical trial / M. Bükler, M. Sümbüllü, A. Ali [et al.] // *J. Endod*. 2023. Vol. 49. P. 1588–1594. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.08.023>.
20. Present status and future directions: hydraulic materials for endodontic use / J. Camilleri, A. Atmeh, X. Li [et al.] // *Int Endod J*. 2022. Vol. 55. P. 710–777. <https://doi.org/10.1111/iej.13709>.
21. Association between the root canal configuration, endodontic treatment technical errors, and periapical hypodensities in molar teeth: a cone-beam computed tomographic study / H. Gakta-Araujo, R. C. Fontenele, E. H. L. Nascimento [et al.] // *Journal of Endodontics*. 2019. Vol. 45. No. 12. P. 1465–1471. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.08.007>.
22. Determining the effects of eugenol on the bond strength of resin-based restorative materials to dentin: a meta-analysis of the literature / I. M. Garcia, V. C. Leitune, M. S. Ibrahim [et al.] // *Appl Sci*. 2020. Vol. 10. 1070 p. <https://doi.org/10.3390/app10031070>.
23. Effect of resin-based and bioceramic root canal sealers on postoperative pain: a split-mouth randomized controlled trial / I. Graunaite, N. Skucaite, G. Lodiene [et al.] // *J. Endod*. 2018. Vol. 44. P. 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.010>.
24. An international survey on the use of calcium silicate-based sealers in non-surgical endodontic treatment / M. Guivarc'h, C. Jeanneau, T. Giraud [et al.] // *Clin Oral Investig*. 2020. Vol. 24. P. 417–424. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02948-3>.
25. The dentine-sealer interface: modulation of antimicrobial effects by irrigation / V. Kapralos, H. Valen, A. Koutroulis, J. Camilleri [et al.] // *Int Endod J*. 2022. Vol. 55. P. 544–560. <https://doi.org/10.1111/iej.13704>.
26. Kebudi Benezra M., Schembri Wismayer P., Camilleri J. Influence of environment on testing of hydraulic sealers // *Sci Rep*. 2017. Vol. 7. 17927 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18208-x>.
27. Comparative evaluation of postoperative pain and periapical healing after root canal treatment using three different base endodontic sealers - a randomized control clinical trial / A. Khandelwal, J. Jose, K. V. Teja, A. Palanivelu // *J. Clin Exp Dent*. 2022. Vol. 14. P. e144–e152. <https://doi.org/10.4317/JCED.59034>.
28. Koçer A., Özkan H. D., Turk T. Postoperative pain intensity and incidence following single visit root canal treatment with different obturation techniques: a randomized clinical trial // *PeerJ*. 2022. 10:e13756. <https://doi.org/10.7717/peerj.13756>.
29. Comprehensive review of current endodontic sealers / T. Komabayashi, D. Colmenar, N. Cvach, A. Bhat [et al.] // *Dent Mater J*. 2020. Vol. 39. No. 5. P. 703–720. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-207>.
30. Comparison of clinical outcomes for 40 necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis / L. W. Lee, S. C. Hsieh, Y. H. Lin, C. F. Huang [et al.] // *J. Formos Med Assoc*. 2015. Vol. 114. No. 2. P. 139–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2014.09.006>.
31. Dislodgement resistance and adhesive pattern of different endodontic sealers to dentine wall after artificial ageing: an in-vitro study / G. S. S. Lin, N. R. N. A. Ghani, T. Y. Noorani, N. H. Ismail [et al.] // *Odontology*. 2021. Vol. 109. No. 1. P. 149–156. <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00533-9>.
32. The effect of different obturation techniques on post-obturation pain and sealer extrusion in single-visit root canal treatment: a prospective clinical randomized study / H. Mahmoud Hamdy Abada, M. Abd El Rahman El Shreif, F. Mohamed Ahmed Ghonimy [et al.] // *Clin Oral Investig*. 2025. Vol. 29. No. 10. 445 p. <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06487-y>.
33. Nagpal R., Taneja S., Kiran Bhalla V. The effect of bioactive glass-based, bioceramic based and epoxy amine resin based root canal sealers on post-obturation pain: a double blinded randomized controlled trial // *J. Conserv Dent*. 2024; 27(6): 591-597. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_115_24.
34. The outcome of endodontic treatment using an enhanced infection protocol in specialist practice / S. Patel, T. Puri, F. Mannocci [et al.] // *Br Dent J*. 2022. Vol. 232. P. 805–811. <https://doi.org/10.1038/s41415-022-4245-3>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Фёдорова Анастасия Олеговна – доктор биологических наук, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии, e-mail: anfedka@list.ru.

Ларинская Анна Викторовна – аспирант, врач стоматолог, e-mail: nura.lar@mail.ru.

Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск-на-Амуре, Россия.

ANALYSIS OF MODERN MATERIALS AND METHODS OF ROOT CANAL OBTURATION IN VETERINARY DENTISTRY

A. O. Fedorova, A. V. Larinskaya

Abstract. The aim of this paper is to systematize and provide an in-depth analysis of modern scientific concepts regarding root canal obturation methodology. In dentistry, there are such methods of root canal obturation as lateral condensation, vertical condensation (hot gutta-percha), Thermafil system, the single-pin technique (with bioceramic sealer Guttabond (VladMiVa, Russia); Dia-Root Bio Sealer (Diadent, Korea); Endoseal MTA (Geosoft, Israel). The mechanistic paradigm, focused on the maximum dense spatial filling, has been replaced by a biologically based model, where obturation acts not as an end in itself, but as a critically important element of a comprehensive treatment protocol. A key vector of development has become a move away from passive isolation to active interaction with periodontal tissues, which became possible due to revolutionary changes in materials science, primarily the introduction of bioceramic sealers based on calcium silicates that are hydrophilic, bioactive, have the ability to minimally expand and form a mineral bond with dentin. New materials have not negated the value of classical methods. Vertical condensation of heated gutta-percha and lateral

compaction retain their place in the arsenal for solving specific problems, such as working with complex anatomy or extensive defects. Modern clinical logic lies not in searching for a universal “best” method, but in consciously choosing the optimal combination of technique, primary filler and sealer, adapted to specific anatomical conditions and clinical scenarios. The most important conclusion is the confirmation of the complete dependence of the obturation stage on the quality of all preceding treatment steps. The outcome of obturation is 100% determined by the accuracy of diagnosis, correct access, meticulous mechanical preparation, and the effectiveness of antimicrobial irrigation. Attempts to compensate for the deficiencies of disinfection with flawless obturation are doomed to long-term failure. Likewise, a perfectly sealed canal is meaningless without timely and hermetic coronal restoration, which provides protection against reinfection.

Key words: root canal obturation, gutta-percha, endodontic sealer, root canal sealing, lateral condensation, periapical tissues.

For citation: Fedorova A.O., Larinskaya A.V. Analysis of modern materials and methods root canal obturation in veterinary dentistry. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 65-74 http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_65.

References

1. Adamchik AA, Dorogan VV, Zaporozhskaya-Abramova ES. [Retrospective analysis of the quality of root canal filling according to cone beam computed tomography data]. *Endodontiya Today*. 2022; 20(2). 102-108 p. <https://doi.org/10.36377/1726-7242-2022-20-2-102-108>.
2. Amelyukhina ZhYu, Furtsev TV, Zeer GM. [Laboratory study of the quality of root canal obturation using various methods of medicinal treatment of root canals]. *Endodontiya Today*. 2023; 21(1). 4-9 p. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2023-21-1-4-9>.
3. Dzhuraeva ShF, Vorobev MV, Gushchin VV. [Modern methods of obturation and restoration of the frontal group of teeth]. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*. 2018; 2. 5-8 p. EDN: YUKCDZ
4. Zakharova EL, Goreva LA, Balayan EG, Sitnikov BA. [Analysis of the quality of root canals obturation of dental]. *The scientific heritage*. 2021; 67-2. 53-57 p. EDN: BVXNMN.
5. Kerimova KN, Bagdasarova IV, Makeeva MK, Zoryan AV. [Optimization of root canal system disinfection using a laser]. *Endodontiya Today*. 2019; 17(4). 43-45 p. <https://doi.org/10.36377/1683-2981-2019-17-4-43-45>.
6. Klyuyko K, Manak T. Evaluation of the quality of root canal obturation using CBCT. [Internet]. *Aktualnye problemy stomatologii i chelyustno-litsevoy khirurgii*. 2022; Vol.4. 1(01). 166 p. Available from: <https://inlibrary.uz/index.php/problems-dentistry/article/view/15323>.
7. Mitronin AV, Volodin EV, Aparina EA, Yarbabaeva NS. [Use of laser biomedical technologies in the complex treatment of dentin hypersensitivity in generalized periodontitis]. *Cathedra-Kafedra. Stomatologicheskoe obrazovanie*. 2021; (75). 30-35 p. EDN: VZQRPI.
8. Orekhova LYu, Porkhun TV, Vashneva VYu. [Comparative analysis of the degree of mechanical cleaning of the root canal wall using various laser systems and photosensitizers]. *Endodontiya Today*. 2018; 4. 67-69 p. <https://doi.org/10.25636/PMP.2.2018.4.16>.
9. Ahuja L, Jasuja P, Verma K. Comparative evaluation of sealing ability of new MTA based sealers with conventional resin based sealer: an in-vitro study. *J. Clin Diagn Res*. 2016; Vol.10. No.7. ZC76-ZC79 p. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18909.8194>.
10. Atav Ates A, Dumani A, Yoldas O, Unal I. Post-obturation pain following the use of carrier-based system with AH plus or iRoot SP sealers: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2019; Vol.23. 3053-3061 p. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2721-6>.
11. Arias-Moliz M, Camilleri J. The effect of the final irrigant on the antimicrobial activity of root canal sealers. *J. Dent*. 2016; Vol.52. 30-36 p. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.06.006>.
12. Arya A, Hema M, Uikay G. Comparative analysis of different root canal sealers' cytotoxicity to human cells. *J. Pharm Bioallied Sci*. 2025; Vol.17. Suppl. 2. S1433-S1435 p. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_70_25.
13. Atmeh AR, Hadis M, Camilleri J. Real-time chemical analysis of root filling materials with heating: guidelines for safe temperature levels. *Int Endod J*. 2020; Vol.53. 698-708 p. <https://doi.org/10.1111/iej.13270>.
14. Barborka BJ, Woodmansey KF, Glickman GN. Long-term clinical outcome of teeth obturated with Resilon. *J. Endod*. 2017; Vol.43. 556-560 p. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.12.013>.
15. Bhandi S, Mashyakh M, Abumelha AS. Complete obturation-cold lateral condensation vs. thermoplastic techniques: a systematic review of micro-ct studies. *Materials (Basel)*. 2021; Vol.14. No.14. 4013 p. <https://doi.org/10.3390/ma14144013>.
16. Boutsoukis C, Arias-Moliz MT. Present status and future directions – irrigants and irrigation methods. *Int Endod J*. 2022; Vol.55. 588-612 p. <https://doi.org/10.1111/iej.13696>.
17. Boutsoukis C, Nova PG. Syringe irrigation in minimally shaped root canals using 3 endodontic needles: a computational fluid dynamics study. *J. Endod*. 2021; Vol.47. 1487-1495 p. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2021.06.006>.
18. Bugea C, Cerutti F, Ongaro F. Postoperative pain and one year follow up success rate of warm vertical compaction, single cone, coneless and bioconeless obturation methods. *J. Osseointegration*. 2022; Vol.14. 209-216 p. <https://doi.org/10.23805/JO.2022.14.04.3>.
19. Buker M, Sumbullu M, Ali A. The effects of calcium silicate- and calcium hydroxide-based root canal sealers on postoperative pain: a randomized clinical trial. *J. Endod*. 2023; Vol.49. 1588-1594 p. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.08.023>.
20. Camilleri J, Atmeh A, Li X. Present status and future directions: hydraulic materials for endodontic use. *Int Endod J*. 2022; Vol.55. 710-777 p. <https://doi.org/10.1111/iej.13709>.
21. Gakta-Araujo H, Fontenele RC, Nascimento EHL. Association between the root canal configuration, endodontic treatment technical errors, and periapical hypodensities in molar teeth: a cone-beam computed tomographic study. *Journal of Endodontics*. 2019; Vol.45. No.12. 1465-1471 p. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.08.007>.
22. Garcia IM, Leitune VC, Ibrahim MS. Determining the effects of eugenol on the bond strength of resin-based restorative materials to dentin: a meta-analysis of the literature. *Appl Sci*. 2020; Vol.10. 1070 p. <https://doi.org/10.3390/app10031070>.
23. Graunaitė I, Skuaitė N, Lodiene G. Effect of resin-based and bioceramic root canal sealers on postoperative pain: a split-mouth randomized controlled trial. *J. Endod*. 2018; Vol.44. 689-693 p. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.02.010>.
24. Guivarc'h M, Jeanneau C, Giraud T. An international survey on the use of calcium silicate-based sealers in non-surgical endodontic treatment. *Clin Oral Investig*. 2020; Vol.24. 417-424 p. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-02948-3>.
25. Kapralos V, Valen H, Koutroulis A, Camilleri J. The dentine-sealer interface: modulation of antimicrobial effects by irrigation. *Int Endod J*. 2022; Vol.55. 544-560 p. <https://doi.org/10.1111/iej.13704>.

26. Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Influence of environment on testing of hydraulic sealers. *Sci Rep.* 2017; Vol.7. 17927 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18208-x>.
27. Khandelwal A, Jose J, Teja KV, Palanivelu A. Comparative evaluation of postoperative pain and periapical healing after root canal treatment using three different base endodontic sealers - a randomized control clinical trial. *J. Clin Exp Dent.* 2022; Vol.14. e144-e152 p. <https://doi.org/10.4317/JCED.59034>.
28. Kocer A, Ozkan HD, Turk T. Postoperative pain intensity and incidence following single visit root canal treatment with different obturation techniques: a randomized clinical trial. *PeerJ.* 2022; 10. e13756 p. <https://doi.org/10.7717/peerj.13756>.
29. Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020; Vol.39. No.5. 703-720 p. <https://doi.org/10.4012/dmj.2019-207>.
30. Lee LW, Hsieh SC, Lin YH, Huang CF. Comparison of clinical outcomes for 40 necrotic immature permanent incisors treated with calcium hydroxide or mineral trioxide aggregate apexification/apexogenesis. *J. Formos Med Assoc.* 2015; Vol.114. No.2. 139-146 p. <https://doi.org/10.1016/j.jfma.2014.09.006>.
31. Lin GSS, Ghani NRNA, Noorani TY, Ismail NH. Dislodgement resistance and adhesive pattern of different endodontic sealers to dentine wall after artificial ageing: an in-vitro study. *Odontology.* 2021; Vol.109. No.1. 149-156 p. <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00533-9>.
32. Mahmoud Hamdy Abada H, Abd El Rahman El Shreif M, Mohamed Ahmed Ghonimy F. The effect of different obturation techniques on post-obturation pain and sealer extrusion in single-visit root canal treatment: a prospective clinical randomized study. *Clin Oral Investig.* 2025; Vol.29. No.10. 445 p. <https://doi.org/10.1007/s00784-025-06487-y>.
33. Nagpal R, Taneja S, Kiran Bhalla V. The effect of bioactive glass-based, bioceramic based and epoxy amine resin-based root canal sealers on post-obturation pain: a double blinded randomized controlled trial. *J. Conserv Dent.* 2024; 27 (6). 591-597 p. https://doi.org/10.4103/JCDE.JCDE_115_24.
34. Patel S, Puri T, Mannocci F. The outcome of endodontic treatment using an enhanced infection protocol in specialist practice. *Br Dent J.* 2022; Vol.232. 805-811 p. <https://doi.org/10.1038/s41415-022-4245-3>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Fedorova Anastasiya Olegovna – Doctor of Biological Sciences, Professor of Pathology, Morphology and Physiology Department, e-mail: anfedka@list.ru.
 Larinskaya Anna Viktorovna – post-graduate student, dentist, e-mail: nura.lar@mail.ru.
 Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk-on-Amur, Russia.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОБНОГО СОСТАВА ЭНТЕРОБИОЦЕНОЗА
У РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МИГРИРУЮЩИХ ПТИЦ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. В. Фрик, В. И. Плешакова

Реферат. В статье представлены результаты сравнительного анализа микробного состава кишечника у различных видов перелетных птиц, установлены видовые особенности формирования микробиоты. В период с 2024 по 2025 год на территории Омской области было отобрано 183 пробы (помет и смывы с желудочно-кишечного тракта) от 15 видов птиц, выделено 207 культур микроорганизмов. Установлено доминирование представителей семейства *Enterobacteriaceae* (62,3%). Выявлена видовая специфичность микробных профилей: от сбалансированного сообщества у кряквы (равная доля родов *Escherichia* и *Edwardsiella*) до специализированного с абсолютным доминированием рода *Edwardsiella* у чирка-трескунка. У белолобого гуся зафиксировано наибольшее таксономическое разнообразие: *Escherichia* (38,1%), *Staphylococcus* (16,7%), *Bacillus* (14,3%) и *Enterococcus* (11,9%). Микробиом серого гуся был представлен родами *Hafnia* (66,7%) и *Escherichia* (33,3%). Видовой анализ микробиома чайковых показал, что основу сообщества у всех видов составляет *Escherichia*, однако ее доля варьировала от 38,9% у степной чайки до 66,7% у сизой. Полученные данные обосновывают необходимость видового подхода при проведении мониторинга циркуляции патогенных и условно-патогенных микроорганизмов и подтверждают актуальность исследований в рамках концепции «Единое здоровье». Исследованные виды диких птиц, совершая сезонные миграции, связывают Омскую область с обширными регионами Евразии и Африки, что создаёт пути для трансконтинентального переноса потенциально опасных микроорганизмов. Работа имеет практическое значение для разработки региональных программ ветеринарно-санитарного контроля и оценки экологических рисков, связанных с распространением патогенов посредством мигрирующих птиц.

Ключевые слова: дикie перелетные птицы, миграция, микроорганизмы, микробиом, таксономический состав.

Для цитирования: Фрик Е.В., Плешакова В.И. Сравнительный анализ микробного состава энтеробиоценоза у различных видов мигрирующих птиц Омской области // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 75-79 https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_75.

Введение. Мигрирующие птицы играют ключевую роль в глобальном распространении микроорганизмов, выступая мобильными переносчиками патогенных и условно-патогенных видов бактерий на значительные расстояния [1, 2, 3].

Сезонные перемещения птиц между континентами создают уникальные экологические коридоры для циркуляции бактерий [4, 5, 6]. Особую значимость этот процесс приобретает в условиях роста антропогенного воздействия на экосистемы, когда дикие птицы активно контактируют с агроландшафтами и урбанизированными территориями [7, 8].

Важнейшим аспектом этой проблемы являются конкретные миграционные маршруты, связывающие различные регионы мира. Водоплавающие птицы (кряква, чирок-трескунок, широконоска, шилохвость, серая утка) зимуют преимущественно в Западной Европе, Средиземноморье и Южной Азии, причем чирок-трескунок достигает Африки к югу от Сахары. Нырковые виды (красноголовый нырок, хохлатая чернеть) следуют аналогичным маршрутам, концентрируясь на зимовках в Западной Европе и Средиземноморье [9].

Белолобый гусь гнездится в тундровой зоне, через Омскую область пролетает транзитом и зимует в Западной Европе, Средиземноморье и Средней Азии. Серый гусь зимует в Западной Европе, Средиземноморье, Средней и Южной Азии. Лебедь-кликун соединяет регион с зимовками в Западной Европе и Во-

сточной Азии. Чайковые (степная, озерная, сизая чайки) мигрируют к Черноморско-Средиземноморскому бассейну. Серый журавль и серая цапля завершают миграционный путь, достигая Северной Африки и Южной Азии [10, 11].

Необходимо учитывать особенности рациона разных видов птиц, так, водоплавающие представители - кряква, шилохвость и серая утка - относятся к фитофагам с сезонными вариациями в рационе питания, потребляя вегетативные части водных растений, семена и водоросли [12, 13]. Широконоска и чирок-трескунок характеризуются смешанным типом питания с преобладанием зоокомпонента - водных беспозвоночных, мелких ракообразных и личинок насекомых, что обеспечивает высокое содержание белка в рационе. Нырковые птицы (красноголовый нырок, хохлатая чернеть) специализируются на моллюсках и личинках, с дополнительным также потреблением вегетативных частей водных растений [14].

Гусеобразные демонстрируют выраженную фитофагию: белолобый гусь питается преимущественно вегетативными частями растений и корневищами, серый гусь - наземной растительностью и зерновыми культурами. Лебедь-кликун - полностью растительноядный с преобладанием в рационе водной растительности [15].

Чайковые (озерная, сизая, степная) относятся к факультативным хищникам-

полифагам, потребляя рыбу, насекомых, грызунов и пищевые отходы. Серая цапля является облигатным хищником, ихтиофагом с преобладанием рыбы в рационе, тогда как серый журавль питается преимущественно растительной пищей с сезонным дополнением животными кормами [16].

Указанные трофические особенности формируют видовую специфичность кишечной микробиоты. Изучение видовых особенностей микробиома перелетных птиц позволяет не только оценить потенциальные риски распространения зоонозных инфекций, но и выявить закономерности формирования микробных сообществ в условиях миграционного стресса [17, 18, 19].

Целью исследования - анализ распространения и видовой специфичности условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в кишечнике диких мигрирующих птиц Омской области.

Условия, материалы и методы. Для бактериологического исследования было отобрано 183 пробы от 15 видов мигрирующих птиц (кряква обыкновенная (*Anas platyrhynchos* n=30), чирок-трескунок (*Anas querquedula* n=25), гусь белолобый (*Anser albifrons* n=18), широконоска (*Anas chrypeata* n=22), гусь серый (*Anser anser* n=13), лебедь-кликун (*Cygnus Cygnus* n=11), красноголовый нырок (*Aythya ferina* n=11), степная чайка (*Larus cachinnans* n=11), шилохвость (*Anas acuta* n=10), озерная чайка (*Chroicocephalus ridibundus* n=10), серый журавль (*Grus Grus* n=7), сизая чайка (*Larus canus* n=6), хохлатая чернеть (*Aythya fuligula* n=5), серая утка (*Anas strepera* n=2) и серая цапля (*Ardea cinerea* n=2)). В период с 2024 по 2025 год всего обследовано 14 охотничьих угодий на территории 11 районов области, (Русско-Полянский, Нововаршавский, Омский

Калачинский, Кормиловский, Горьковский, Седельниковский, Саргатский, Тюкалинский, Черлакский и Марьяновский).

Объектами исследования служили культуры микроорганизмов (n=207), выделенные из различных биотопов диких перелетных птиц по время миграции по территории Омской области. Видовую принадлежность бактерий устанавливали путем комплексного биохимического тестирования с последующей интерпретацией данных по руководству «Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria».

Результаты и обсуждение. Согласно данным таксономического профиля (рис.), основу микробного сообщества составили представители семейства *Enterobacteriaceae* – 57,98% (n=120). Значительную долю изолятов также составили грамположительные бактерии семейств *Bacillaceae* – 13,53% (n=28) и *Staphylococcaceae* – 12,56% (n=26). Доля *caseae* достигла 9,66% (n=20). Среди менее представленных семейств зафиксированы *Morganellaceae* – 1,93% (n=4), *Streptococcaceae* – 1,93% (n=4), *Aeromonadaceae* – 1,45% (n=3) и *Pseudomonadaceae* – 0,96% (n=2).

Из 30 проб (16,39%) от кряквы обыкновенной было выделено 35 культур. Согласно данным, представленным на рисунке, микробный профиль кряквы состоит из грамотрицательных бактерий *Edwardsiella* (24,14%) и *Escherichia* (24,14%), грамположительных кокков *Enterococcus* (13,79%), также зафиксированы рода *Aeromonas*, *Bacillus* и *Staphylococcus* (по 10,34% каждый) и наличие представителей рода *Proteus* (6,9%).

В отличие от кряквы, микробный профиль чирка-трескунка демонстрирует выраженное доминирование отдельных таксонов. Из 25 проб (13,66%) было выделено 26 культур.

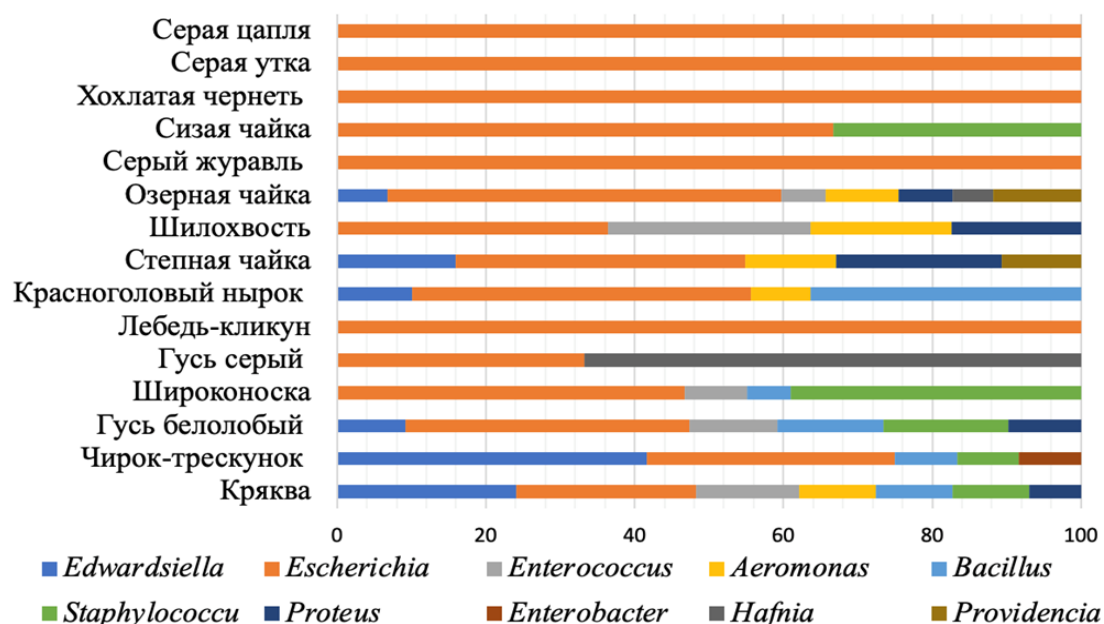


Рисунок – Таксономическая структура микробиома кишечника различных видов диких перелетных птиц, n=207, % (2024-2025 гг.)

В его микробиоме преобладают грамотрицательные бактерии рода *Edwardsiella* (41,67%), дополненные значительной долей *Escherichia* (33,33%). Прочие таксоны (*Bacillus*, *Enterobacter* и *Staphylococcus*) были выделены единично (по 8,33% каждый).

Из проб от широконоски (n=22, 12,02%) выделили 24 культуры с ведущей ролью *Escherichia* (46,7%) и значительной долей *Staphylococcus* (39,0%), тогда как от шилохвости (n=10, 5,46%) изолировали 11 культур. Микробное сообщество показывает стабильное сочетание *Escherichia* (36,4%) и *Enterococcus* (27,3%). Серая утка (n=2, 1,09%) и хохлатая чернеть (n=5, 2,73%) представлена минимальным микробным разнообразием с выделением 6 культур *Escherichia* (100%).

Среди представителей гусиных выявлен выраженный контраст в структуре микробных сообществ. Белолобый гусь (n=18, 9,83%, 21 культура) обладает богатым таксономическим разнообразием с доминированием *Escherichia* (38,1%) и с меньшей долей *Staphylococcus* (16,7%), *Bacillus* (14,3%) и *Enterococcus* (11,9%).

Микробиом серого гуся (n=13, 7,1%, 13 культур) представлен микроорганизмами рода *Hafnia* (66,7%) и *Escherichia* (33,3%). В пробах от лебедя-кликун (n=11, 6,01%) выделил 14 культур микроорганизмов рода *Escherichia* (100%). В нырковой группе красноголовый нырок (n=17, 9,28%, 11 культур) демонстрирует равное участие *Escherichia* (45,5%) и *Bacillus* (36,4%).

Из проб от озерной чайки (n=10, 5,46%, 14 культур) выделили представителей рода *Escherichia* (52,9%) и *Providencia* (11,8%). Степная чайка (n=11, 6,01%, 16 культур) характеризуется профилем с преобладанием *Escherichia* (38,9%) и высокой долей *Proteus* (22,2%), в то время как сизая чайка (n=6, 3,27%, 6 культур) имеет профиль с доминированием *Escherichia* (66,7%) и *Staphylococcus* (33,3%). Серая цапля (n=2, 1,09%), как и серый журавль (n=7, 3,83%), показала минимальное микробное разнообразие с выделением только *Escherichia* (100%).

Кишечная микробиота исследованных перелетных птиц характеризуется выраженным доминированием грамотрицательных бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, составляющих основу сообщества (57,98%). Существенную позицию занимают грамположительные

микроорганизмы семейства *Bacillaceae* (13,53%) и *Staphylococcaceae* (12,56%). Данный профиль отражает типичную структуру микробиома птиц, адаптированного к интенсивному метаболизму. Выявлены фундаментальные различия в таксономической структуре микробиома между видами, что свидетельствует о тесной связи состава микробного сообщества с экологией и трофической специализацией птиц. Наблюдается следующий спектр: от сложных сбалансированных сообществ (кряква, белолобый гусь) до высокоспециализированных (чирок-трескунок) и крайне обедненных (серый журавль, серая цапля). У большинства видов ключевую роль играют бактерии рода *Escherichia*, что подтверждает их статус универсального кишечного комменсала. Однако у ряда видов зафиксировано уникальное доминирование других таксонов: *Edwardsiella* у чирка-трескунка (41,67%) и *Hafnia* у серого гуся (66,67%), что может указывать на специфические адаптации или источники поступления микроорганизмов. Факт выделения только *Escherichia* от таких видов, как лебедь-кликун, серая цапля, хохлатая чернеть, серая утка и серый журавль, требует осторожной интерпретации. Это может отражать как особенности их физиологии и рациона, так и возможные методологические ограничения (меньший объем выборки). Установленное доминирование семейства *Enterobacteriaceae*, многие представители которого являются условно-патогенными, подчеркивает важную роль перелетных птиц как потенциальных мобильных резервуаров и переносчиков патогенов в глобальном масштабе.

Выводы. В результате проведенного исследования была выявлена выраженная видовая специфичность микробных сообществ, что согласуется с данными литературы о связи структуры микробиома с миграционными процессами, изменением кормовой базы, контактами с антропогенными территориями и экологией птиц.

Полученные данные предоставляют новые научные доказательства о роли перелетных птиц как мобильных резервуаров и переносчиков патогенных и условно-патогенных микроорганизмов.

Выявленные различия в структуре микробных сообществ подчеркивают необходимость учета вида птиц при оценке их роли как переносчиков микроорганизмов.

Литература

1. Фрик Е. В., Плешакова В. И. Дикie перелетные птицы Западно-Сибирского региона как резервуар возбудителей инфекционных болезней // Достижения и перспективы развития птицеводства: материалы международной науч.-практ. конф. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2024. С. 258-262. EDN: CSAEMJ
2. Хатиб Я., Руденко П. А. Распространение птичьего гриппа на Ближнем Востоке // Ветеринария. 2025. № 1. С. 23-28. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.23-28>.
3. Литвинова З. А., Якубик О. Л., Гилетий А. В. Видовой состав и антибиотикорезистентность микрофлоры водоплавающей дичи Верхнего Приамурья // Ветеринария. 2024. № 7. С. 9-12. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.7.09-12>.
4. Батомункуев А. С., Мельцов И. В. Карта антибиотикорезистентности микроорганизмов, выделенных от крупного рогатого скота при бактериальных инфекционных болезнях на территории Иркутской области // Наука и технологии Сибири. 2025. № 1(16). С. 32-53. EDN BBDNRB.
5. Юшина Ю. К., Махова А. А., Зайко Е. В. Распространение и антибиотикоустойчивость патогенных

микроорганизмов на птицеперерабатывающем предприятии в зависимости от сезонности // Сельскохозяйственная биология. 2025. Т. 60. № 4. С. 739-755. <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2025.4.739rus>.

6. Альтернатива антибиотикам: перспектива использования бактериальных ферментов в ветеринарии / П. А. Руденко, Ю. А. Ватников, О. А. Новичевская [и др.] // Ветеринария. 2025. № 1. С. 3-8. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.03-08>.

7. Щербакова Г. Ш., Попов Н. И. Антимикробная активность нового средства для санации объектов ветеринарного контроля // Ветеринария. 2025. № 1. С. 35-39. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.35-39>.

8. Макарова В. А., Макавичик С. А. Важность диагностики антибиотикорезистентности на примере *Staphylococcus haemolyticus* // АПК России: образование, наука, производство: материалы 5-й всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. с международным участием. Пенза: ПГАУ, 2023. С. 222-225. EDN: AJYUHN

9. Фрик Е. В., Плешакова В. И. Миграция птиц как фактор распространения инфекционных агентов и антибиотикорезистентных штаммов микроорганизмов // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2025. № 2(58). С. 146-153. EDN YDMFMQ.

10. Одинцева А. А., Одинцев О. А. Сезонная динамика населения птиц города Омска // Зоологический журнал. 2020. Т. 99. № 1. С. 57-68. <http://doi.org/10.31857/S0044513419110138>.

11. Ильяшенко В. Ю. Обзор современного состояния журавлей северной Евразии // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. № 1867. С. 6055-6061. EDN RPEZOQ.

12. Рузина А. В. Бактериологические исследования в птицеводстве для подбора эффективных антимикробных препаратов // Ветеринария. 2025. № 9. С. 27-32. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.9.27-32>.

13. Ильяшенко Е. И. Влияние изменений агроландшафтов на распределение и численность журавлей мира в XX веке // Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26. № 1488. С. 3486-3503.

14. Морфометрические показатели эритроцитов утят под действием ципрофлоксацина в условиях экспериментальной стафилококковой инфекции и осмотической нагрузки / А. А. Присный, В. Н. Скворцов, Т. В. Степанова, Е. А. Гребцова // Ветеринария. 2025. № 6. С. 50-54. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.6.50-54>.

15. Tawakol M. M., Nabil N. M., Samir A. Role of migratory birds as a risk factor for the transmission of multi-drug resistant *Salmonella enterica* and *Escherichia coli* to broiler poultry farms and its surrounding environment // BMC Res Notes. 2024. Vol. 17. p. 314. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06958-7>.

16. Нечаева Ю. И., Алеев В. С., Шестакова Е. А. Таксономическое и функциональное разнообразие бактерий, выделенных из техногенного щелочного водоема // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 65. С. 27-51. <http://doi.org/10.17223/19988591/65/2>.

17. Коробицын И. Г., Тютенков О. Ю., Крицков И. В. Биология серой цапли *Ardea cinerea* Linnaeus, 1758 и ее роль в биоценозах на юге таежной зоны Западной Сибири // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 68. С. 91-108. <http://doi.org/10.17223/19988591/68/5>.

18. Zhou Y., Zhang A., Van Klinken R. D. Consumers perspectives on antibiotic use and antibiotic resistance in food animals: a systematic review // Sci Food. 2025. No 9. p. 29. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00381-3>.

19. Nateghi H. F., Amrollahi F., Maddali M. V. Antibiotic Resistance Microbiology Dataset (ARMD): A Resource for Antimicrobial Resistance from EHRs // Sci Data. 2025. No 12. p. 1299. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05649-7>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Фрик Елизавета Вячеславовна* – аспирант кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней животных, e-mail: ev.frik1921@omgau.org, <https://orcid.org/0009-0004-4281-2389>

Плешакова Валентина Ивановна – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры ветеринарной микробиологии, инфекционных и инвазионных болезней животных, e-mail: vi.pleshakova@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-7896-2339>

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MICROBIAL COMPOSITION OF ENTERIOBIOCENOSIS IN VARIOUS SPECIES OF MIGRATING BIRDS IN OMSK REGION

E. V. Frik, V. I. Pleshakova

Abstract. This article presents the results of a comparative analysis of intestinal microbial composition of various migratory bird species, identifying species features of microbiota formation. Between 2024 and 2025 years 183 samples (droppings and gastrointestinal tract swabs) were collected from 15 bird species in Omsk region and 207 microbial cultures were isolated. The dominance of representatives of the *Enterobacteriaceae* family was established (62.3%). The species specificity of microbial profiles were revealed: from a balanced community in mallard (equal proportions of *Escherichia* and *Edwardsiella* genera) to a specialized one with absolute dominance of *Edwardsiella* genus in the garganey. The greatest taxonomic diversity was recorded in white-fronted goose: *Escherichia* (38.1%), *Staphylococcus* (16.7%), *Bacillus* (14.3%) and *Enterococcus* (11.9%). The microbiome of greylag goose was represented by genera *Hafnia* (66.7%) and *Escherichia* (33.3%). Species analysis of seagull microbiome showed that *Escherichia* constituted the basis of the community in all species, but its proportion varied from 38.9% in the steppe gull to 66.7% in the gray gull. The obtained data substantiate the need for a species-specific approach when monitoring the circulation of pathogenic and opportunistic microorganisms and confirm the relevance of research within the framework of the “Unified Health” concept. The studied wild bird species, through their seasonal migrations, connect Omsk region with vast regions of Eurasia and Africa, creating pathways for the transcontinental transfer of potentially dangerous microorganisms. This work has practical significance for the development of regional veterinary and sanitary control programs and the assessment of environmental risks associated with the spread of pathogens through migratory birds.

Key words: wild migratory birds, migration, microorganisms, microbiome, taxonomic composition.

For citation: Frik E.V., Pleshakova V.I. Comparative analysis of the microbial composition of enterobiocenosis in various species of migrating birds in Omsk region. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 75-79. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_75.

References

1. Frik EV, Pleshakova VI. [Wild migratory birds of the West Siberian region as a reservoir of infectious disease pathogens]. Achievements and development prospects of poultry farming. Materialy mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. Sankt-Peterburg: SPbGAU. 2024; 258-262 p. EDN: CSAEMJ
2. Khatib Ya, Rudenko PA. [Spread of avian influenza in Middle East]. Veterinariya. 2025; 1. 23-28 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.23-28>.
3. Litvinova ZA, Yakubik OL, Giletiy AV. [Species composition and antibiotic resistance of waterfowl microflora in Upper Amur region]. Veterinariya. 2024; 7. 9-12 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2024.27.7.09-12>.
4. Batomunkuev AS, Meltsov IV. [Map of antibiotic resistance of microorganisms isolated from cattle with bacterial infectious diseases in Irkutsk region]. Nauka i tekhnologii Sibiri. 2025; 1(16). 32-53 p. EDN BBDNRB.
5. Yushina YuK, Makhova AA, Zayko EV. [Spread and antibiotic resistance of pathogenic microorganisms in a poultry processing plant depending on seasonality]. Selskokhozyaystvennaya biologiya. 2025; Vol.60. 4. 739-755 p. <http://doi.org/10.15389/agrobiology.2025.4.739rus>.
6. Rudenko PA, Vatnikov YuA, Novichevskaya OA. [Alternative to antibiotics: the prospect of using bacterial enzymes in veterinary medicine]. Veterinariya. 2025; 1. 3-8 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.03-08>.
7. Shcherbakova GSh, Popov NI. [Antimicrobial activity of a new agent for the sanitation of veterinary control facilities]. Veterinariya. 2025; 1. 35-39 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.1.35-39>.
8. Makarova VA, Makavchik SA. [The importance of diagnosing antibiotic resistance using Staphylococcus haemolyticus as an example. AIC of Russia: education, science, production]. Materialy 5-i vserossiyskoy (natsionalnoy) naun.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem. Penza: PGAU. 2023; 222-225 p. EDN: AJYIII
9. Frik EV, Pleshakova VI. [Bird migration as a factor in the spread of infectious agents and antibiotic-resistant strains of microorganisms]. Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025; 2(58). 146-153 p. EDN YDMFMQ.
10. Odintseva AA, Odintsev OA. [Seasonal dynamics of the bird population of Omsk]. Zoologicheskii zhurnal. 2020; Vol.99. 1. 57-68 p. <http://doi.org/10.31857/S0044513419110138>.
11. Ilyashenko VYu. [Review of the current state of cranes of northern Eurasia]. Russkiy ornitologicheskii zhurnal. 2019; Vol.28. 1867. 6055-6061 p. EDN RPEZOQ.
12. Ruzina AV. [Bacteriological studies in poultry farming for the selection of effective antimicrobial drugs]. Veterinariya. 2025; 9. 27-32 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.9.27-32>.
13. Ilyashenko EI. [The influence of changes in agricultural landscapes on the distribution and number of cranes of the world in the twentieth century]. Russkiy ornitologicheskii zhurnal. 2017; Vol.26. 1488. 3486-3503 p.
14. Prisnyy AA, Skvortsov VN, Stepanova TV, Grebtsova EA. [Morphometric parameters of duckling erythrocytes under the influence of ciprofloxacin under conditions of experimental staphylococcal infection and osmotic load]. Veterinariya. 2025; 6. 50-54 p. <http://doi.org/10.30896/0042-4846.2025.28.6.50-54>.
15. Tawakol MM, Nabil NM, Samir A. Role of migratory birds as a risk factor for the transmission of multidrug resistant Salmonella enterica and Escherichia coli to broiler poultry farms and its surrounding environment. BMC Res Notes. 2024; Vol.17. 314 p. <https://doi.org/10.1186/s13104-024-06958-7>.
16. Nechaeva YuI, Aleev VS, Shestakova EA. [Taxonomic and functional diversity of bacteria isolated from a man-made alkaline reservoir]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2024; 65. 27-51 p. <http://doi.org/10.17223/19988591/65/2>.
17. Korobitsyn IG, Tyutenkov OYu, Kritskov IV. [Biology of the gray heron Ardea cinerea Linnaeus, 1758 and its role in biocenoses in the south taiga zone of Western Siberia]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. 2024; 68. 91-108 p. <http://doi.org/10.17223/19988591/68/5>.
18. Zhou Y, Zhang A, Van Klinken RD. Consumers perspectives on antibiotic use and antibiotic resistance in food animals: a systematic review. Sci Food. 2025; No.9. 29 p. <https://doi.org/10.1038/s41538-025-00381-3>.
19. Nateghi HF, Amrollahi F, Maddali MV. Antibiotic Resistance Microbiology Dataset (ARMD): a resource for antimicrobial resistance from EHRs. Sci Data. 2025; No.12. 1299 p. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-05649-7>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Frik Elizaveta Vyacheslavovna* – post-graduate student of Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Animal Diseases, e-mail: ev.frik1921@omgau.org, <https://orcid.org/0009-0004-4281-2389>
Pleshakova Valentina Ivanovna – Doctor of Veterinary Sciences, Professor of Department of Veterinary Microbiology, Infectious and Invasive Animal Diseases, e-mail: vi.pleshakova@omgau.org, <https://orcid.org/0000-0001-7896-2339>
Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ NCG-N КАРБАМИЛ ГЛУТАМАТА НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРОВИ БЫЧКОВ

Е. М. Цыганков, А. А. Менькова, С. А. Козлов

Реферат. Активность обменных процессов, проходящих в организме отражается в биохимическом составе крови. Для диагностических целей часто определяют активность различных микроэлементов и ферментов. Цель исследования, заключалась в изучение влияния кормовой добавки NCG-N карбомил глутамат на биохимические параметры крови бычков на откорме. Для постановки опыта по методу пар-аналогов было сформировано две аналогичных группы бычков шестимесячного возраста. В течение 90 суток бычкам индивидуально скармливали кормовую добавку в составе дерти зерносмеси из расчёта 5 грамм на голову в сутки. Рацион кормления в обеих группах идентичный. Кровь отбирали раз в месяц из яремной вены до кормления. Биохимические показатели определяли на ветеринарном биохимическом анализаторе с использованием одноразовых дисков - реагентов. В сыворотке крови подопытных бычков отмечалось увеличение показателей минерального обмена - кальция на 5,53, 7,40, 6,20%, фосфора - 4,54, 6,0, 7,70%, магния - 6,25, 5,83, 5,55%, калия - 3,40, 4,30, 4,40%, хлора - 5,68, 6,28%, а также ферментативной активности - аланинаминотрансферазы на 3,18, 5,95, 6,20% и аспартатаминотрансферазы - 4,28, 5,95, 6,57%, креатининкиназы - 5,13, 6,19, 8,40%, щелочной фосфотазы - 5,42, 6,38, 7,84%, гамма-глутамилтрансепептидазы - 6,28, 7,14, 7,87%, глутаматдегидрогеназы - 5,98, 8,90, 9,24%. Кормовая добавка оказывала влияние на биохимические параметры крови, которые проявлялись в увеличении минеральных веществ и активности ферментом. Можно утверждать, что кормовая добавка способствовала повышению ферментативной активности рубцовой жидкости, транспортировки и усвоению питательных веществ рациона организмом бычков в анаболических целях.

Ключевые слова: бычки, кормовая добавка, сыворотка крови, микроэлементы, ферменты.

Для цитирования: Цыганков Е.М., Менькова А.А., Козлов С.А., Влияние добавки NCG-N карбомил глутамата на биохимические параметры крови бычков // Учёные записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 80-85. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_80.

Введение. Обмен веществ и энергии составляет главную сущность жизнедеятельности организма. Состояние белкового и минерального обменов тесно взаимосвязано со сбалансированностью рациона по протеину и микроэлементам, которые считаются одними из важнейших факторов в формировании мясной продуктивности [1, 2].

Без поступления с кормом и водой необходимых микроэлементов организм животных не сможет нормально функционировать. Минеральные вещества участвуют во всех биохимических реакциях, обеспечивают поддержание физиологического равновесия и продуктивности животных [3, 4, 5].

В организме животных обнаружено свыше 80 элементов. Большая часть которых выполняет жизненно важное значение. К макроэлементам относятся кальций, фосфор, калий, натрий, хлор, сера и магний. Около 10 процентов этих веществ поступает с водой, а примерно 90 процентов — с кормом [6, 7].

Кальций и железо в процессе всасывания соединяются с специфическими белками. Из крови макроэлементы поступают в ткани, включаются в различные процессы и структуры. В костной и хрящевой ткани сосредоточено до 99 процентов кальция и 87 процентов

фосфора [8, 9, 10].

Активность ферментов в крови бычков зависит от различных факторов и может меняться под влиянием внешних воздействий. Исследования активности ферментов в крови животных помогают изучать обмен веществ, а также прогнозировать продуктивность [11, 12, 13].

Цель исследования заключается в изучении влияния кормовой добавки NCG - N карбомил глутамат на биохимические параметры крови бычков.

Условия, материалы и методы. Научно-хозяйственные опыты выполнялись в условиях предприятия Брянской области. Объектом для исследований служили бычки 6, 7, 8, 9 месячного возраста. Подопытных бычков в 4-х месячном возрасте кастрировали, 5-и месячном возрасте подвергли ветеринарно - санитарным мероприятиям (дегельминтизация, вакцинация). По методу пар - аналогов в 6-и месячном возрасте были сформированы две группы бычков симментальской породы по 5 голов в каждой. Животным опытной группы согласно схеме опыта (табл. 1) в смеси с дертью зерносмеси скармливали добавку в количестве 5 грамм на голову в сутки.

Таблица 1 - Схема опыта

Группа	Количество животных	Условия кормления
Контрольная	5	Основной рацион
Опытная	5	Основной рацион (ОР) + NCG – N- карбомил глутамат 5 г на гол в сутки

Структура рациона состояла из: сена лугового разнотравного, дерти концентратов (ячменя, пшеницы, овса, кукурузы), жмыха подсолнечного, премикса ПКК-ПКР – 2 супер (для откорма), смеси витаминной, кормовой – СВ-К-11 (для телят старше 5 месяцев, откорм). Добавка скармливалась в утреннем рационе кормления. Поение из автоматических поилок. Распорядок дня строго соблюдался. Для изучения влияния кормовой добавки на биохимические параметры крови у животных до утреннего кормления брали кровь из яремной вены, при помощи вакуумных пробирок с литий-гепариновым наполнителем от 5 голов из каждой группы. В сыворотке крови определяли показатели минерального обмена (кальций, фосфор, магний, калий, натрий, хлор) и ферментативной активности (аланинаминотрансфераза, аспартатамино-

трансфераза, кренинкиназа, щелочная фосфатаза, гамма-глутамилтранспептидаза, глутамилдегидрогеназа) на ветеринарном биохимическом анализаторе MNCHI Pointrace V3 с использованием одноразовых утилизируемых дисков-реагентов.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием стандартных математико - статистических функций на персональном компьютере в среде Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. При недостаточном поступлении микроэлементов с кормом и водой организм животных не способен нормально функционировать. Минеральные вещества обеспечивают поддержание физиологического гомеостаза и формирование продуктивных показателей животных [14, 15]. Показатели минерального обмена представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Показатели минерального обмена (n=5 в каждой группе)

Показатели	Физиологические пределы	Группа	
		контрольная	опытная
1 опытный период (после 30 суток скармливания)			
Ca, ммоль/л	2,50-3,13	2,53±0,04	2,67±0,01*
P, ммоль/л	1,45-1,94	1,54±0,05	1,61±0,02*
Mg, ммоль/л	0,82-1,23	0,96±0,04	1,02±0,02*
K, ммоль/л	4,10-4,86	4,16±0,01	4,30±0,04*
Na, ммоль/л	139-148	142,20±0,37	144,80±0,73
Cl, ммоль/л	125-155	127,40±0,40	132,20±0,86
2 опытный период (после 60 суток скармливания)			
Ca, ммоль/л	2,50-3,13	2,58±0,03	2,77±0,05*
P, ммоль/л	1,45-1,94	1,65±0,05	1,75±0,03*
Mg, ммоль/л	0,82-1,23	1,03±0,02	1,09±0,03*
K, ммоль/л	4,10-4,86	4,23±0,04	4,41±0,03*
Na, ммоль/л	139-148	143,60±0,51	147,40±0,01
Cl, ммоль/л	125-155	130,40±0,24	137,80±0,37*
3 опытный период (после 90 суток скармливания)			
Ca, ммоль/л	2,50-3,13	2,74±0,01	2,91±0,03**
P, ммоль/л	1,45-1,94	1,80±0,01	1,94±0,04*
Mg, ммоль/л	0,82-1,23	1,08±0,05	1,14±0,02*
K, ммоль/л	4,10-4,86	4,35±0,03	4,54±0,06*
Na, ммоль/л	139-148	145,80±0,37	147,80±0,20
Cl, ммоль/л	125-155	133,80±0,58	142,20±0,37*

Примечание: * - $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

В организме кальций накапливается в костной ткани и обеспечивает её механическую прочность. Содержание кальция в сыворотке крови подопытных бычков за опытные периоды было достоверно выше на 5,53, 7,40, 6,20% по сравнению с контрольной группой. Это указывает, на то, что его усвояемость из рациона кормления была выше, соответственно его использование организмом имело анаболический характер.

Фосфор – активный стимулятор и катализатор обменных процессов в организме. Содержание фосфора в сыворотке крови достоверно увеличивалось на 4,50, 6,00, 7,70% соответственно. Данное увеличение свидетельствует

о том, что степень его усвояемости в опытной группе из рациона кормления была выше, чем в контрольной.

Магний является кофактором различных ферментов. Он снижает периферическое сопротивление кровеносных сосудов. За опытные периоды содержания магния в сыворотке крови имело достоверное увеличение на – 6,25, 5,83, 5,55% по сравнению с контрольной группой. Данное изменение свидетельствует об повышении порога возбуждения нервных волокон и подавлении процессов освобождения ацетил-холина в нервно-мышечных синапсах.

Калий и натрий осуществляют непрерыв-

ный обмен веществ внутри клеток. Содержание калия в сыворотке крови за опытные периоды имело достоверное увеличение на 3,40, 4,30, 4,40% соответственно. По содержанию натрия отмечалась тенденция к увеличению на 1,82, 2,64, 1,37%. Можно утверждать, что транспорт питательных веществ через клеточные мембраны и регуляция водно-солевого баланса в организме бычков опытной группы была выше, чем в контрольной.

Хлор входит в состав жидкостей организма. Он участвует в различных физиолого-

биохимических реакциях. Количество хлора в крови 8 и 9 месячных бычков имело достоверное увеличение на 5,68, 6,28% по сравнению с аналогами. Данное изменение свидетельствует о том, что реакция желудочного сока в опытной группе поддерживалась на уровне кислой среды, что обеспечивало поддержание активности пищеварительных ферментов – пепсина и липазы участвующих в расщеплении белков и жиров.

Показатели активности ферментов в сыворотке крови представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Активность ферментов (n=5 в каждой группе)

Показатель	Физиологические пределы	Группа	
		контрольная	опытная
1 опытный период (после 30 суток скармливания)			
АлАт, нмоль/ с·л	50-107	56,60±0,40	58,40±0,24 *
АсАт, нмоль/ с·л	45,3-110,20	60,80±0,37	63,40±0,40**
Креатининкиназа, нмоль/с·л	150-250	187,20±0,80	196,80±0,58***
Щелочная фосфатаза, нмоль/с·л	110-390	121,80±0,37	128,40±0,51 ***
Гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), нмоль/с·л	38,50-95,45	42,71±0,05	45,39±0,04***
Глутаматдегидрогеназа (ГлДг), нмоль/с·л	5-21	6,75±0,06	7,16±0,02**
2 опытный период (после 60 суток скармливания)			
АлАт, нмоль/с·л	50-107	67,20±0,58	71,20±0,37**
АсАт, нмоль/с·л	45,3-110,20	70,60±0,24	74,80±0,37***
Креатининкиназа, нмоль/с·л	150-250	197,20±0,37	209,40±0,24***
Щелочная фосфатаза, нмоль/с·л	110-390	128,60±0,51	136,80±0,58***
Гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), нмоль/с·л	38,50-95,45	46,85±0,03	50,19±0,05***
Глутаматдегидрогеназа (ГлДг), нмоль/с·л	5-21	7,47±0,03	8,13±0,02***
3 опытный период (после 90 суток скармливания)			
АлАт, нмоль/с·л	50-107	77,40±0,81	82,20±0,49**
АсАт, нмоль/с·л	45,3-110,20	82,20±0,37	87,60±0,51***
Креатининкиназа, нмоль/с·л	150-250	209,60±0,24	227,20±0,73***
Щелочная фосфатаза, нмоль/с·л	110-390	137,80±0,58	148,60±0,24***
Гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП), нмоль/с·л	38,50-95,45	49,90±0,06	53,83±0,08***
Глутаматдегидрогеназа (ГлДг), нмоль/с·л	5-21	8,44±0,03	9,22±0,05***

Аланинаминотрансфераза (АлАт) и аспаратаминотрансфераза (АсАт) – ферменты участвующие в белковом обмене. Активность ферментов АлАт и АсАт за опытные периоды имела достоверное увеличение на 3,18, 5,95, 6,20% и 4,28, 5,95, 6,57% по сравнению с контрольной группой. Можно утверждать, что в организме подопытных бычков перенос аминокислот от аминокислот к кетокислотам за счет аминотрансфераз протекал активнее, чем в контрольной.

Креатининкиназа играет важную роль в энергетическом обмене мышечных тканей. Активность креатининкиназы в сыворотке крови бычков за опытные периоды имела до-

стоверное увеличение на 5,13, 6,19, 8,40% по сравнению с контрольной группой данного периода. Данное увеличение свидетельствует об эффективном процессе превращения креатинина в креатининфосфат под действием фермента креатининкиназы.

Щелочная фосфатаза участвует в поддержании гомеостаза, регуляции роста и развития организма. За опытные периоды содержание щелочной фосфатазы в сыворотке крови бычков имело достоверное увеличение – 5,42, 6,38, 7,84% соответственно. Можно утверждать, что на внутренней мембране митохондрии различных органов подопытных бычков процесс окислительного фосфорилирования

и синтез аденозинтрифосфорной кислоты протекал с большей пользой, что обеспечивало клетки энергией и поддерживало их развитие и жизнедеятельность.

Фермент гамма-глутамилтранспептидаза (ГГТП) участвует в обмене аминокислот. За опытные периоды в сыворотке крови бычков его активность имела достоверные увеличения на 6,28, 7,14, 7,87%. Данное увеличение свидетельствует об усиленной транспортировке пептидов через клеточные мембраны тканей, их использование организмом в целях повышения резистентности, стимуляции роста и развития растущих бычков.

Глутаматдегидрогеназа (ГлДГ) относится к ферментам белкового и углеводного обмена. В сыворотке крови подопытных бычков отмечалось увеличение активности на 5,98, 8,90, 9,24%. Можно утверждать, что процесс окислительного дезаминирования глутамата с об-

разованием альфа кетоглутарата и аммиака в опытных группах протекал с большей анаболической пользой.

Установлено, что слабо развитая микробиота рубца плохо справляется с расщеплением питательных веществ корма, что в конечном итоге приводит к отставанию животных в росте и наборе массы [15]. На основании ежемесячных взвешиваний животных были рассчитаны показатели живой массы бычков. Результаты взвешиваний представлены в таблице 4.

Анализируя данные таблицы 4 отмечено, что через 30 суток после скармливания добавки живая масса бычков была выше на 3,20 кг или 1,29% соответственно. После 60 суток скармливания добавки живая масса бычков была выше на 6,20 кг, что 2,24% больше по сравнению с контролем. На 90 сутки исследований разница по живой массе составила 8,90 кг соответственно.

Таблица 4 – Показатели живой массы бычков

Возраст, мес.	Группы	
	контрольная	опытная
Динамика живой массы, кг		
7	247,10±3,25	250,30±3,00*
8	277,10±4,55	283,30±2,95*
9	308,30±2,55	317,20±2,15*
Динамика абсолютного прироста, кг		
7	28,50±0,50	31,20±0,75*
8	30,00±0,80	33,00±0,95*
9	31,20±0,86	33,90±0,53*
Динамика среднесуточных приростов живой массы, г		
7	950,01±23,9	1040±24,0*
8	1000±22,7	1100±24,5*
9	1040±30,05	1130±26,8*

Примечание * - ($p < 0,05$), ** - ($p < 0,01$), *** - ($p < 0,001$)

Абсолютный прирост живой массы в опытной группе варьировался в пределах от 31,20 до 33,90 кг. Через 30 суток после скармливания добавки абсолютный прирост в опытной группе был выше на 2,47 кг по сравнению с аналогами. На 60-е сутки было установлено, что прирост живой массы у подопытных бычков составил 33,00 кг, что на 3 кг больше по сравнению с показателем контрольной группы. В конце эксперимента бычки опытной группы превосходили своих сверстников по живой массе на 2,70 кг.

Показатели среднесуточных приростов

в опытной группе на 30, 60, 90 сутки исследований были выше на 89, 99, 100, 90 грамм соответственно.

Выводы. Скармливание кормовой добавки NCG-N карбомил глутамат оказала влияние на биохимические параметры крови. За опытный период в крови подопытных животных отмечалось увеличение минеральных веществ и активности ферментов. Можно утверждать, что кормовая добавка способствовала повышению высвобождения питательных веществ рациона их использованию и усвоению организмов бычков в анаболических целях.

Литература

- Кузнецов А. С., Харитонов Е. Л., Остренко К. С. Использование азотсодержащих соединений в организме молодняка крупного рогатого скота при добавлении в рацион N – карбомилглутамата // Молочное и мясное скотоводство. 2021. №2. С. 37-42. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.82.82.008>
- Влияние угольной добавки на содержание минералов и витаминов в крови бычков голштинской породы / В. П. Короткий, И. В. Фокин, Е. Н. Кузякина [и др.] // Зоотехния. 2024. № 10. С. 24-26. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.28.98.006>
- Содержание минералов и витаминов в крови бычков при скармливании хвойно-энергетической добавки / В. П. Короткий, И. В. Фокин, Л. И. Кузякина [и др.] // Зоотехния. 2024. № 10. С. 38-40. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.74.15.010>

4. Суханова Е. В., Сычёва Л. В., Морозков Н. А. Влияние скармливания фитодобавки на минеральный обмен в организме телят // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2023. Т. 253. № 1. С. 255-259. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_255
5. Комплексная минеральная добавка в кормлении бычков черно-пестрой породы / Н. А. Лушников, Н. А. Позднякова, Н. М. Костомахин [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 6 (215). С. 25-32. <https://doi.org/10.30.33920/sel-05-2306-03>
6. Биологически активная добавка на основе минеральных веществ при откорме молодняка крупного рогатого скота / А. К. Натиров, Н. Н. Мороз, Б. С. Убушаев, А. И. Хахлинов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 4 (52). С. 163-166. https://doi.org/10.52671/20790996_2022_4_163
7. Афанасьева А. И., Сарычев В. А. Биохимический статус крови телят черно-пестрой породы при использовании минеральной добавки из жмыха пантов маралов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (210). С. 40-47. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-210-4-40-47>
8. Казанцев Д. А. Оценка метаболического профиля маралов-рогачей алтае-саянской породы // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023. № 2 (67). С. 190-196. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-190-196>
9. Пушкарев И. А. Белковый состав сыворотки крови телок в возрасте 12 месяцев на фоне применения разных доз тканевого биостимулятора // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. № 1. С. 111-116. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-111-116>
10. Effectiveness and safety evaluation of graded levels of N-carbamylglutamate in growing-finishing pigs / C. Wang, L. Shang, Q. Guo [et al.] // Anim. Nutrition. 2022. V. 10. P. 412-418. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.04.012>
11. Integration of transcriptomic and metabolomic analysis of the mechanism of dietary N-carbamoylglutamate in promoting follicle development in yaks / J. Zhou, S. Yue, J. Du [et al.] // Frontiers in veterinary science. 2022. V. 9 p. 720-735. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946893>
12. Dietary supplementation with N-carbamoylglutamate initiated from the prepartum stage improves lactation performance of postpartum dairy cows / F. Gu, C. Miao, L. Jiang, [et al.] // Anim. Nutrition. 2021. V. 7(1). p. 232-238. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.002>
13. Metabolism and Nutrition of L-Glutamate and L-Glutamine in Ruminants / G. Wu, F. W. Bazer, G. A. Johnson, [et al.] // Animals (Basel). 2024. V. 14(12). p. 1788. <https://doi.org/10.3390/ani14121788>
14. Benzoic acid supplementation improves the growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of weaned lambs / W. Zhang, S. Sun, Y. Zhang, [et al.] // Frontiers in Veterinary Science. 2024. V. 9(11). p. 1351-1394. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1351394>
15. McCoard S. A., Pacheco D. The significance of N-carbamoylglutamate in ruminant production // Journal of Animal Science and Biotechnology. 2023. 13: 14(1). 48. p. 1023-1035. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00854-z>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Цыганков Евгений Михайлович* - кандидат биологических наук, доцент кафедры эпизоотологии, микробиологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, e-mail: e-tsygankov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6615-2440>

Менькова Анна Александровна - доктор биологических наук, профессор кафедры нормальной и патологической морфологии и физиологии животных, aamenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1711-0041>

Брянский государственный аграрный университет, Брянская область, Выгоничский район, село Кокино, Россия

Козлов Сергей Анатольевич - доктор биологических наук, профессор кафедры частной зоотехнии, ksa64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5699-7378>

Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина», Москва, Россия

EFFECT OF NCG-N CARBAMYL GLUTAMATE SUPPLEMENT ON BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BULLS' BLOOD

E. M. Tsygankov, A. A. Menkova, S. A. Kozlov

Abstract. The activity of metabolic processes in the body is reflected in the biochemical composition of blood. The activity of various microelements and enzymes is often determined for diagnostic purposes. The aim of the study was to investigate the effect of NCG-N carbamyl glutamate feed additive on the biochemical parameters of blood in fattening bulls. To conduct the experiment, two similar groups of six-month-old bulls were formed using the paired-analogue method. For 90 days, the bulls were individually fed the feed additive as part of a grain mixture at a rate of 5 grams per head per day. The feeding ration in both groups was identical. Blood was collected monthly from the jugular vein before feeding. Biochemical parameters were determined on a veterinary biochemical analyzer using disposable reagent discs. In the blood serum of the experimental bulls, an increase in mineral metabolism indicators was noted - calcium by 5.53, 7.40, 6.20%, phosphorus - 4.54, 6.0, 7.70%, magnesium - 6.25, 5.83, 5.55%, potassium - 3.40, 4.30, 4.40%, chlorine - 5.68, 6.28%, as well as enzymatic activity - alanine aminotransferase by 3.18, 5.95, 6.20% and aspartate aminotransferase - 4.28, 5.95, 6.57%, creatinine kinase - 5.13, 6.19, 8.40%, alkaline phosphatase - 5.42, 6.38, 7.84%, gamma-glutamyl transpeptidase - 6.28, 7.14, 7.87%, glutamate dehydrogenase - 5.98, 8.90, 9.24%. The feed additive influenced the biochemical parameters of the blood, which were manifested in an increase in mineral substances and enzyme activity. It can be argued that the feed additive contributed to an increase in the enzymatic activity of rumen fluid, the transportation and assimilation of dietary nutrients by the body of bulls for anabolic purposes.

Key words: bulls, feed additive, blood serum, microelements, enzymes.

For citation: Tsygankov E.M., Menkova A.A., Kozlov S.A. Effect of the NCG-N carbamyl glutamate supplement on biochemical parameters of bulls' blood. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265 (1). p. 80-85. doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_80.

References

1. Kuznetsov AS, Kharitonov EL, Ostrenko KS. [Use of nitrogen-containing compounds in the body of young cattle when adding N-carbamoyl glutamate to the diet]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2021; 2. 37-42 p. <https://doi.org/10.33943/MMS.2021.82.82.008>
2. Korotkiy VP, Fokin IV, Kuzyakina EN. [The effect of a coal additive on the content of minerals and vitamins in the blood of Holstein bulls]. *Zootekhniya*. 2024; 10. 24-26 p. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.28.98.006>
3. Korotkiy VP, Fokin IV, Kuzyakina LI. [The content of minerals and vitamins in the blood of young bulls fed a coniferous energy supplement]. *Zootekhniya*. 2024; 10. 38-40 p. <https://doi.org/10.25708/ZT.2024.74.15.010>
4. Sukhanova EV, Sycheva LV, Morozkov NA. [Effect of feeding a phytosupplement on mineral metabolism in the body of calves]. *Uchenye zapiski Kazanskoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E.Baumana*. 2023; Vol.253. 1. 255-259 p. https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_253_255
5. Lushnikov NA, Pozdnyakova NA, Kostomakhin NM. [Complex mineral supplement in feeding Black-and-White bulls]. *Kormlenie selskokhozyaystvennykh zhivotnykh i kormoproizvodstvo*. 2023; 6 (215). 25-32 p. <https://doi.org/10.30.33920/sel-05-2306-03>
6. Natyrov AK, Moroz NN, Ubushaev BS, Khakhlinov AI. [Biologically active additive based on mineral substances for fattening young cattle]. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2022; 4 (52). 163-166 p. https://doi.org/10.52671/20790996_2022_4_163
7. Afanaseva AI, Sarychev VA. [Biochemical status of blood of Black-and-White calves using a mineral additive from maral's antlers]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; 4 (210). 40-47 p. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2022-210-4-40-47>
8. Kazantsev DA. [Evaluation of the metabolic profile of maral stags of Altai-Sayan breed]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*. 2023; 2 (67). 190-196 p. <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-67-2-190-196>
9. Pushkarev IA. [Protein composition of blood serum of 12-month-old heifers against the background of the use of different doses of tissue biostimulant]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2022; 1. 111-116 p. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-111-116>
10. Wang S, Shang L, Guo Q. Effectiveness and safety evaluation of graded levels of N-carbamylglutamate in growing-finishing pigs. *Anim. Nutrition*. 2022; Vol.10. 412-418 p. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2022.04.012>
11. Zhou J, Yue S, Du J. Integration of transcriptomic and metabolomic analysis of the mechanism of dietary N-carbamoylglutamate in promoting follicle development in yaks. *Frontiers in veterinary science*. 2022; Vol.9. 720-735 p. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.946893>
12. Gu F, Miao C, Jiang L. Dietary supplementation with N-carbamoylglutamate initiated from the prepartum stage improves lactation performance of postpartum dairy cows. *Anim. Nutrition*. 2021; Vol.7(1). 232-238 p. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.07.002>
13. Wu G, Bazer FW, Johnson GA. Metabolism and Nutrition of L-Glutamate and L-Glutamine in Ruminants. *Animals (Basel)*. 2024; Vol.14(12). 1788 p. <https://doi.org/10.3390/ani14121788>
14. Zhang W, Sun S, Zhang Y. Benzoic acid supplementation improves the growth performance, nutrient digestibility and nitrogen metabolism of weaned lambs. *Frontiers in Veterinary Science*. 2024; Vol.9(11). 1351-1394 p. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1351394>
15. McCoard SA, Pacheco D. The significance of N-carbamoylglutamate in ruminant production. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2023; 13. 14(1). 48. 1023-1035 p. <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00854-z>

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Tsygankov Evgeniy Mikhaylovich* - Ph.D. of Biological Sciences, Associate Professor of Epizootology, Microbiology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Expertise Department, e-mail: e-tsygankov@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6615-2440>

Menkova Anna Aleksandrovna - Doctor of Biological Sciences, Professor of Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology of Animals, aamenkova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1711-0041>

Bryansk State Agrarian University, Kokino Village, Vygonichskiy District, Bryansk Region, Russia.

Kozlov Sergey Anatolevich - Doctor of Biological Sciences, Professor of Private Animal Science Department, ksa64@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5699-7378>

Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – K.I. Skryabin Moscow Veterinary Academy, Moscow, Russia.

ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ПИВОВАРЕНИЯ В КАЧЕСТВЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ДЛЯ РОСТА АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА

Ю. В. Мурсалова, Т. Ф. Мурсалов, И. С. Докучаева, Е. В. Петухова,
А. М. Ежкова

Реферат. Солодовая дробина и отработанные дрожжи - побочные продукты пивоваренного производства, широко используемые в рационах питания сельскохозяйственных животных и птиц. Источники биологически активных веществ, витаминов, аминокислот, макро- и микро-элементов. В настоящей работе с целью раскрыть возможность использования солодовой дробины в качестве кормовой добавки для питания и роста африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*), предлагается на стадии технологического процесса ферментации сырья обрабатывать дробину с помощью закваски на основе отработанных дрожжей. Новизна данной технологии заключается в возможности повторного культивирования микроорганизмов отработанных дрожжей и использования их в качестве ферментного средства, обеспечивающего процесс гидролиза растительного сырья. Физико-химическими методами (рН-метрия, кондуктометрия, потенциометрия) изучены свойства водного раствора солодовой дробины в процессе гидролиза. Выдержка в среде отработанных дрожжей в течение 12 часов приводит к снижению рН водного раствора с 6,8 до 4,5 и окислительно-восстановительного потенциала от 110 до 60 мВ. Удельная электропроводность (χ) раствора дробины в течении 8-10 ч выдержки достигает более 6500 мкСм/см. Полученные результаты свидетельствуют о способности микроорганизмов отработанных дрожжей активно участвовать в процессе ферментации дробины, обеспечивать устойчивый низкий уровень рН среды, проявлению антиоксидантных свойств сырья, увеличению содержания в нем органических кислот, минеральных солей и микроэлементов. По результатам микробиологических показателей в образце полученного продукта обнаружено большое количество заквасочной микрофлоры и пробиотических микроорганизмов, встречающихся в окружающей среде вместе с дрожжами. Присутствие патогенных и токсигенных микроорганизмов не обнаружено. Наблюдения за поведением рыб в период кормления кормовой добавкой на основе ферментированной солодовой дробины показали, что опытная группа сомов интенсивно ее потребляла, рыбы были активными, в воде наблюдался выброс твердых фекальных масс, свидетельствующий о нормальной работе кишечного микробиоценоза. За два месяца кормления конечная масса африканских клариевых сомов увеличилась в 2 раза, среднесуточный прирост массы тела рыб составил 2,2-2,5%. Затраты корма на один килограмм прироста рыбы составили 0,79-1,02 кг, сопоставимые с контрольным аналогом (коммерческим ферментированным кормом). Предложенная методика может быть использована для создания дешевых функциональных кормовых добавок из пивоваренных отходов, в котором так нуждаются рыбоводные предприятия.

Ключевые слова: африканский клариевый сом, солодовая дробина, отработанные дрожжи, закваска, ферментация, корм.

Для цитирования: Мурсалова Ю.В., Мурсалов Т.Ф., Докучаева И.С., Петухова Е.В., Ежкова А.М. Побочные продукты пивоварения в качестве кормовой добавки для роста африканского клариевого сома // Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2026. Том 265 (1). С. 86-91. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_86.

Введение. Важной тенденцией развития рыбоводства в мире и в нашей стране является увеличение поставок рыбной продукции на внутренний рынок. Это достигается, в том числе путем роста доли аквакультуры, повышения ее продуктивности, акцента на экологически чистые методы: снижение воздействия на окружающую среду, развития растительных кормов (снижение доли рыбной муки в рационах аквакультурных рыб) [1].

Африканские клариевые сомы (*Clarias gariepinus*) – один из видов разнообразных усатых рыб, высокорентабельный объект промышленного рыбоводства. В природе они населяют пресные, преимущественно теплые воды Африки, Юго-Восточной и Малой Азии. В Россию для культивации в неволе были завезены в 1994 году. Африканские сомы – хищники. Однако известно, что они хорошо растут на кормах с невысоким содержанием животного протеина (рыбная, мясокостная мука)

в результате замены их в рецептах кормов другими видами близкими по содержанию питательных веществ [2-4], для нормализации структуры кишечного микробиоценоза в корма добавляют пробиотики [5, 6].

На полигонах предприятий пивоваренной промышленности России ежегодно скапливается большое количество солодовой дробины, которая ценна тем, что содержит высокое число пищевых волокон (оболочку и нерастворимую часть зерна), сухих веществ с высоким уровнем протеина (12-15%) [7-9].

Сырая дробина без дополнительной обработки применяется в качестве корма для жвачных животных. Известен способ переработки растительной матрицы дробины в условиях ферментативного гидролиза, с помощью применения специально выделенных культур микроорганизмов (*Bacillus subtilis*) и коммерческих ферментных препаратов [10, 11]. Ферментативное воздействие является наиболее

являющимся способом переработки вторичных ресурсов. Такое воздействие используется для разрушения клеточной стенки клетчатки солодовой дробины, гидролиза крахмала, тем самым повышается ее пищевая ценность: клетчатка, белок и продукты их гидролиза становятся доступными.

Не менее ценными отходами пивоварения являются отработанные дрожжи преимущественно *Saccharomyces cerevisiae*, но также и другие виды, которые могут быть пробиотическими, прежде всего за счет содержащихся в них ферментов, незаменимых аминокислот, витаминов, легко усвояемого белка и микроэлементов [12]. В составе отработанных дрожжей могут присутствовать бактерии, дикие дрожжи, молочнокислые микроорганизмы, перешедшие из сырья или окружающей среды, формируя сложный микробный профиль, ценный для производства кормов [13].

Установлено, что в присутствии молочнокислых бактерий повышается мальтазная активность дрожжей, один из основных факторов, характеризующих их биохимическую продуктивность [14], что способствует возможности для повторного их культивирования с целью ферментации растительного сырья для комбикормов.

Цель работы – раскрыть возможность переработки солодовой дробины с помощью отработанных дрожжей и использования ее в качестве кормовой добавки, обеспечивающей питание и рост африканского клариевого сома.

Условия, материалы и методы. Изучение кормовой добавки проведено на основании трех групп исследований: физико-химических, микробиологических и биологических. Физико-химические исследования свойств водного раствора солодовой дробины в процессе ее ферментации микроорганизмами отработанных дрожжей были проведены в Институте пищевых производств и биотехнологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Навеску дробины 200 г взвешивали и гомогенизировали в миксере, делили на две равные части. К каждой части поочередно добавляли картофельный крахмал (25 г) и заливали дистиллированной водой в избытке (1:4), выдерживали в течение суток.

Приготовление закваски на основе отработанных дрожжей проходило в два этапа: приготовление стартера и собственно закваски. Для приготовления стартера к закваске в емкость, содержащую свежеприготовленный остывший до комнатной температуры крахмальный клейстер (50 мл воды на 25 г крахмала), добавляли 10 г отработанных дрожжей, смесь выдерживали в течение 2-3 часов, после добавляли ее к первой части раствора солодовой дробины. Процесс брожения раствора дробины продолжался 2-3 суток. За это время наблюдалось постепенное выделение пузырьков газа, свидетельствующее о приспособлении микроорганизмов в отработанных дрожжах к среде и их размножении.

Для приготовления закваски использовали осадок продукта (гущу), полученного на первом этапе ферментации дробины. К осадку (10 г)

также добавляли клейстер, выдерживали смесь в течение 2-3 часов и соединяли со второй частью водного раствора солодовой дробины. Процесс брожения раствора дробины продолжался одни сутки.

Часть водного раствора в процессе ферментации дробины отбирали через определенные равные промежутки времени (1 ч), фильтровали и термостатировали.

Физико-химические свойства раствора изучали с помощью кондуктометра Xiaomi Mi TDS Pen (Китай) и электронного pH-метра с АТС (Россия). Для определения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) жидкостей использовали портативный электронный ОВП-метр. Все измерения проводили после выдерживания жидкостей в течение 5 мин в условиях термостатирования при $25 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Относительные ошибки измерения pH и ОВП растворов не превышали 15%, электропроводности – 20%.

Микробиологические исследования проводили в Институте пищевых производств и биотехнологии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» на кафедре пищевой биотехнологии по методике Е. В. Петухова (*Петухова Е. В., Крыницкая А. Ю., Канарская З. А. Пищевая микробиология: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2014. 117 с.*).

Полученный продукт исследовали на изменение органолептических (внешний вид, запах, вкус, консистенция) свойств, оцениваемые органами чувств (зрение, обоняние, вкус, осязание).

Биологические исследования были проведены в рамках научно-исследовательской работы кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии института «Казанская академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана» Казанского ГАУ.

Рецептуру кормовой добавки составляли на основании существующих технологий производства ферментированных рыбных кормов для сомовых рыб. К выдержанной в течение времени смеси на основе дробины и отработанных дрожжей подмешивали рыбную муку, масла, гранулировали ее с помощью небольшой мясорубки и снова оставляли при комнатной температуре на один час, после высушивали в термостате при 50°C . Гранулы охлаждали при комнатной температуре и хранили в холодильнике.

Для выяснения влияния полученной (опытной) кормовой добавки на интенсивность роста и питания африканских клариевых сомов были выполнены эксперименты в условиях бассейна при температуре $24-25^\circ\text{C}$ при добавлении в суточный рацион в дозе 2% от массы рыбы в течение 60 суток. Стартовая масса посадочного материала составляла 160-180 г, общее количество экспериментальных рыб было 60 шт., по 30 особей в двух бассейнах (группах). В качестве контроля использовали экструдированный продукционный корм диаметром 6 мм для сомовых рыб «Биско» (Россия). Экспериментальную рыбу для исследований из бассейна отбирали случайным образом и взвешивали. В конце исследования были определены параметры интенсивности роста.

Результаты и обсуждение. Изучение физико-химических свойств водного раствора солодовой дробины в процессе ферментации с помощью закваски на основе микроорганизмов из отработанных дрожжей показало, что данный процесс завершается примерно за 12 часов, что

свидетельствует о нарастании кислотности водного раствора до значения около 4,5-4,7 ед. (кривая 1), увеличения удельной электропроводности (χ) (кривая 2) и снижения окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) (кривая 3) в данном интервале времени (рис. 1).

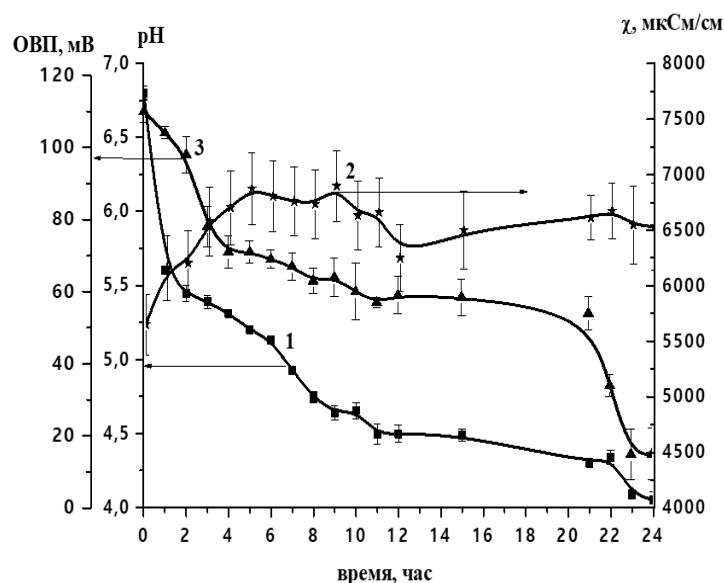


Рисунок 1 – Зависимость физико-химических свойств: pH (1), удельной электропроводности (χ) (2), ОВП (3) водного раствора солодовой дробины в среде отработанных пивных дрожжей от времени выдержки, 25 °C

Пониженное значение ОВП (около 60 мВ) раствора дробины в среде микроорганизмов отработанных пивных дрожжей после 12 часов выдержки, свидетельствует о способности последних усиливать антиоксидантные свойства раствора. Наши данные коррелируют с данными исследования Л. Г. Креккера, Е. В. Колосовой (2020), показавших, что антиоксидантная активность в результате размножения микрофлоры связана с количеством водорастворимых пептидов, образуемых в процессе созревания кисломолочных продуктов, синтезом комплекса витаминов, увеличением доли белка, и как следствие спектра заменимых и незаменимых аминокислот [15].

Удельная электропроводность (χ) раствора солодовой дробины в процессе ее ферментации в течении первых 8-10 ч выдержки достигает более 6500 мкСм/см, что доказывает наличие большого количества ионов (минеральных солей, микроэлементов), перешедших из сырья в раствор.

Выдержка дробины в среде микроорганизмов отработанных дрожжей более двенадцати часов приводит к небольшому повышению кислотности среды (кривая 1) (вероятно, происходит постепенное накопление уксусной кислоты вместо молочной) и дальнейшему понижению окислительно-восстановительного потенциала (кривая 3) (рис. 1), что может свидетельствовать о накоплении антиоксидантов в виде полифенолов органических кислот, полученных из

сырья в процессе ферментации.

Были проведены микробиологические исследования. В образце раствора солодовой дробины в среде отработанных дрожжей обнаружено большое количество заквасочной микрофлоры и пробиотических микроорганизмов, встречающихся в окружающей среде вместе с дрожжами. Присутствие патогенных и токсигенных микроорганизмов не обнаружено. По данным исследованиям можно предположить, что при ферментации солодовой дробины закваской на основе микроорганизмов отработанных дрожжей, происходит одновременно процесс спиртового и молочнокислого брожения.

По результатам органолептической оценки отмечен чистый, свойственный исходному сырью аромат ферментированного продукта, отсутствие посторонних запахов, хорошая насыщенность углекислым газом естественного происхождения.

Наблюдения за поведением рыб в период кормления кормовой добавкой на основе ферментированной солодовой дробины показали, что опытная группа сомов интенсивно его потребляла. Рыбы были активными, в воде наблюдался выброс твердых фекальных масс, свидетельствующий о нормальной работе кишечного микробиоценоза. К концу опыта конечная масса африканских клариевых сомов увеличилась в 2 раза, среднесуточный прирост массы тела рыб составлял 2,5% за первые 30 дней кормления и 2,2% - за вторые 30 дней кормления. (табл. 1).

Таблица 1 – Показатели продуктивности африканских клариевых сомов

Показатель	Контрольная	Опытная
1 сутки опыта		
Живая масса рыбы, г	172,0 ± 10,4	171,8 ± 10,1
Среднесуточный прирост, г	1,2 ± 0,6	1,0 ± 0,4
Выживаемость рыб, %	100,0	100,0
30 сутки опыта		
Живая масса рыбы, г	309,6 ± 10,2	299,4 ± 10,4*
Израсходовано корма, г	110,0 ± 4,8	100,8 ± 10,6
Среднесуточный прирост, г	4,58 ± 0,2	4,33 ± 0,2
Абсолютный прирост веса, г	137,6 ± 10,6	127,6 ± 10,4
Выживаемость рыб, %	100,0	100,0
Коэффициент конверсии корма	0,80	0,79
60 сутки опыта		
Живая масса рыбы, г	500,6 ± 10,2	495,4 ± 11,2
Израсходовано корма, г	185,7 ± 6,4	200,0 ± 10,6
Среднесуточный прирост, г	6,36 ± 0,5	6,53 ± 0,3
Абсолютный прирост веса, г	191 ± 10,5	196 ± 10,8
Выживаемость рыб, %	100	100
Коэффициент конверсии корма	0,97	1,02

Примечание: * - $p \leq 0,05$

Затраты корма на один килограмм прироста рыбы составили 0,79-1,02 кг, что свидетельствует о высокой эффективности использования корма. Не исключено, что более высокий коэффициент конверсии корма во 2-й половине опыта обусловлен физическими свойствами гранул: низкой водостойкостью. Однако для двух этапов эксперимента коэффициент конверсии корма получился около единицы, что определяет его высокую экономическую эффективность.

Выводы. В результате проведенных исследований доказана возможность использования осадка из отработанных дрожжей пивоваренного производства в процессе гидролиза солодовой дробины. Микроорганизмы в составе отработанных дрожжей оказывают энергичное воздействие на ферментацию солодовой дробины, способствуют увеличению содержания в ней минеральных солей и микроэлементов, проявлению антиоксидантных свойств сырья. В зависимости от времени культивирования ферментирующая способность отработанных дрожжей возрастает до определенного предела, а затем снижается. Установлено, что оптимальное время ферментации солодовой дробины в среде оста-

точных пивных дрожжей составляет 8-10 часов.

Совместное применение отработанных дрожжей и солодовой дробины в качестве кормовой добавки отвечает физиологическим потребностям африканских клариевых сомов, оказывает положительное влияние на показатели роста.

На основании сравнения двух способов кормления установлено, что сомы, получавшие новую ферментированную добавку на основе солодовой дробины, имели живую массу, сопоставимую с контрольным аналогом (коммерческим ферментированным кормом), при практически одинаковом расходе кормов. Конверсия корма была около 1 ед., сопоставима с контрольными значениями.

Приведенные в работе результаты создают предпосылки для разработки технологии переработки отходов пивоваренной промышленности и внедрения ее на производстве новых видов рыбных комбикормов для африканских клариевых сомов. Основные преимущества предлагаемой технологии: создание новых источников дешевых высокопитательных кормов, в котором так нуждаются рыболовные предприятия.

Литература

1. Колончин К. В. Целевые ориентиры долгосрочного развития рыбохозяйственного комплекса России. Часть I // Пищевая промышленность. 2020. № 11. С. 34–40. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10124>.
2. Chemical and Physical Properties of African Catfish (*Clarias gariepinus*) Fillet Following Prolonged Feeding with Insect Meal-Based Diets. Hindawi / A. Gebremichael, A. Szabo, Z. J. Sandor [et al.] // Aquaculture Nutrition. 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6080387>.
3. Fermented Soybean Meal (FSBM) in African Catfish (*Clarias gariepinus*) Diets: Effects on Growth Performance, Fish Gut Microbiota Analysis, Blood Haematology, and Liver Morphology / M. K. Zakaria, Z. A. Kari, H. Van Doan [et al.] // Life. 2022. Vol. 12. No. 1851. <https://doi.org/10.3390/life12111851>.
4. Growth, Hemato-Biochemical Parameters, Body Composition, and Myostatin Gene Expression of *Clarias gariepinus* Fed by Replacing Fishmeal with Plant Protein / M. A. F. Nasr, R. M. Reda, T. A. Ismail [et al.] // Animals. 2021. No. 11. p. 889. <https://doi.org/10.3390/ani11030889>.
5. Probiotic Potentiality from Versatile *Lactiplantibacillus* plantarum Strains as Resource to Enhance Freshwater Fish Health / M. Iorizzo, G. Albanese, F. Letizia [et al.] // Microorganisms. 2022. No. 10. p. 463. <https://doi.org/10.3390/microorganisms1002046>.
6. Гистологическая характеристика кишечника африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) на фоне использования пробиотика «Споротермин» / Е. М. Романова, Е. В. Спирина, В. Н. Любомирова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4(48). С. 76-82. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-4-76-82>.
7. Чечина О. Н., Зюзина А. В., Зимичев А. В. Перспективы утилизации пивной дробины // Пищевая промышленность. 2010. № 7. С. 17-19. EDN: MWGWWP.

8. Орлов А. И., Резниченко И. Ю. Применение отходов пивоварения в ресурсосберегающих технологиях // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 146-152. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020>.
9. К вопросу о способах утилизации пивной дробины / С. М. Петров, С. Л. Филатов, Е. П. Пивнова [и др.] // Пиво и напитки. 2014. № 6. С. 32-37. EDN: TKLUYZ.
10. Леснов А. П., Никитин С. И., Лазаревич А. Н. Современные биотехнологии переработки пивной дробины в высокобелковые экологически безопасные корма // Природообустройство. Мелиорация и рекультивация, экология. 2011. № 4. С. 26-31. EDN: OIMOQP.
11. Экологически безопасная технология переработки отходов пивоварения / М. Н. Дадашев, К. В. Кобелев, Д. Г. Филенко [и др.] // Пиво и напитки. 2011. № 5. С. 18-20. EDN: OHIEDX.
12. Казмирова Е. А., Землякова Е. С. Обоснование совершенствования технологии получения белкового гидролизата из остаточных пивных дрожжей // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 4. № 2. С. 1-10. EDN: XWCSTJ.
13. Дрожжевые микроорганизмы как пробиотики и источник белка / М. Г. Саубенова, Е. А. Олейникова, А. Ж. Алыбаева [и др.] // Микробиология и вирусология. 2023. № 3. С. 6-25. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.03.01>.
14. Влияние молочнокислых бактерий и жидких дрожжей на гидролиз крахмала пшеничной муки / М. Д. Челекбаев, А. С. Новикова, Л. М. Курашвили [и др.] // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 1992. № 5-6. С. 12-14. EDN: QCRMUR.
15. Креккер Л. Г., Колосова Е. В. Антиоксидантная активность как функциональное преимущество кисломолочного продукта в процессе хранения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 2. С. 147-160. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfr.2022.348>.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Мурсалова Юлия Васильевна* - кандидат химических наук, соискатель кафедры «Физиология, фармакология и токсикология», e-mail: mursalova.yuliya@bk.ru
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.
 Мурсалов Тимур Фатулахович - студент, e-mail: timur_megapolis@mail.ru
 Докучаева Ирина Сергеевна - кандидат химических наук, доцент кафедры «Оборудования пищевых производств», e-mail: dokuchaevais@corp.knrtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8715-3277>
 Петухова Елена Владимировна - кандидат биологических наук, доцент кафедры «Пищевая биотехнология», e-mail: petukhovaev@corp.knrtu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2402-0483>
 Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.
 Ежкова Асия Мазетдиновна - доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой «Физиология, фармакология и токсикология», e-mail: egkova-am@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5526-2214>
 Казанский государственный аграрный университет, Казань, Россия.

BREWING WASTE AS A FEED ADDITIVE FOR THE GROWTH OF AFRICAN SHARPTOOTH CATFISH

Yu. V. Mursalova, T. F. Mursalov, I. S. Dokuchaeva, E. V. Petukhova, A. M. Ezhkova

Abstract. Spent malt grains and spent beer yeast are brewing waste widely used in livestock and poultry diets. They are a source of biologically active substances, vitamins, amino acids and macro- and microelements. In this study, to explore the potential of using spent malt grains as a feed supplement for the nutrition and growth of African clariid catfish (*Clarias gariepinus*), we propose treating the grains with a starter culture of spent yeast during the fermentation process. The novelty of this technology lies in the possibility of re-cultivating spent yeast microorganisms and using them as an enzymatic agent for the hydrolysis of plant materials. Physicochemical methods (pH-metry, conductometry, potentiometry) were used to study the properties of an aqueous solution of malt grains during hydrolysis. Incubation in a spent yeast medium for 12 hours leads to a decrease in the pH of the aqueous solution from 6.8 to 4.5 and an oxidation-reduction potential from 110 to 60 mV. The specific electrical conductivity (χ) of the grain solution after 8-10 hours of incubation reaches more than 6500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The obtained results demonstrate the ability of spent yeast microorganisms to actively participate in the fermentation process of grains, ensure a stable low pH level of the medium, demonstrate the antioxidant properties of the raw material, and increase the content of organic acids, mineral salts, and microelements. Microbiological analysis of the resulting product revealed a large number of starter microflora and probiotic microorganisms, naturally occurring alongside yeast, in the sample. No pathogenic or toxigenic microorganisms were detected. Observations of fish behavior during feeding with a feed additive based on fermented malt grains revealed that the experimental group of catfish consumed it intensively, were active, and exhibited fecal solids, indicating normal intestinal microbiome function. Over two months of feeding, the final weight of African sharptooth catfish doubled, with an average daily weight gain of 2.2-2.5%. Feed consumption per kilogram of fish growth was 0.79-1.02 kg, comparable to the control (commercial fermented feed). The proposed method can be used to create low-cost functional feed additives from brewery waste, which is much needed by fish farms.

Key words: African sharptooth catfish, malt grains, spent yeast, sourdough, fermentation, feed.

For citation: Mursalova Yu.V., Mursalov T.F., Dokuchaeva I.S., Petukhova E.V., Ezhkova A.M. Brewing waste as a feed additive for the growth of African sharptooth catfish. Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine. 2026; 265. (1). p. 86-91. http://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_1_265_86.

References

1. Kolonchin KV. [Targets for the long-term development of the fisheries complex of Russia. Part I]. Pishchevaya promyshlennost. 2020; 11. 34-40 p. <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10124>.
2. Gebremichael A., Szabo A., Sandor Z. J. Chemical and physical properties of African catfish (*Clarias gariepinus*) fillet following prolonged feeding with insect meal-based diets. Hindawi. Aquaculture Nutrition. 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6080387>.
3. Zakaria MK, Kari ZA, Van Doan H. Fermented soybean meal (FSBM) in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets: effects on growth performance, fish gut microbiota analysis, blood haematology and liver morphology. Life. 2022; Vol.12. No.1851. <https://doi.org/10.3390/life12111851>.
4. Nasr MAF, Reda RM, Ismail TA. Growth, hemato-biochemical parameters, body composition and myostatin gene expression of *Clarias gariepinus* fed by replacing fishmeal with plant protein. Animals. 2021; No.11. 889 p. <https://doi.org/10.3390/ani11030889>.

5. Iorizzo M, Albanese G, Letizia F. Probiotic potentiality from versatile *Lactiplantibacillus plantarum* strains as resource to enhance freshwater fish health. *Microorganisms*. 2022; No.10. 463 p. [https://doi.org/ 10.3390/microorganisms1002046](https://doi.org/10.3390/microorganisms1002046).
6. Romanova EM, Spirina EV, Lyubomirova VN. [Histological characteristics of guts of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) in case of Sporothermin probiotic application]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2019; 4(48). 76-82 p. [https://doi.org/ 10.18286/1816-4501-2019-4-76-82](https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-4-76-82).
7. Chechina ON, Zyuzina AV, Zimichev AV. [Prospects for utilization of brewer's spent grains]. *Pishchevaya promyshlennost*. 2010; 7. 17-19 p. EDN: MWGWWP.
8. Orlov AI, Reznichenko IYu. [Use of brewing waste in resource-saving technologies]. *Polzunovskiy vestnik*. 2021; 2. 146-152 p. [https://doi.org/ 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020](https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.020).
9. Petrov SM, Filatov SL, Pivnova EP. [On the methods of utilization of brewer's grains]. *Pivo i napitki*. 2014; 6. 32-37 p. EDN: TKLUYZ.
10. Lesnov AP, Nikitin SI, Lazarevich AN. [Modern biotechnologies for processing brewer's spent grains into high-protein environmentally friendly feed]. *Prirodoobustroystvo. Melioratsiya i rekultivatsiya, ekologiya*. 2011; 4. 26-31 p. EDN: OIMOQP.
11. Dadashev MN, Kobelev KV, Filenko DG. [Environmentally safe technology for recycling brewing waste]. *Pivo i napitki*. 2011; 5. 18-20 p. EDN: OHIEDX.
12. Kazimirova EA, Zemlyakova ES. [Justification for improving the protein hydrolysate technology based on residual brewer's yeast]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2017; Vol.4. 2. 1-10 p. EDN: XWCCTJ.
13. Saubenova MG, Oleynikova EA, Alybaeva AZh. [Yeast microorganisms as probiotics and a source of protein]. *Mikrobiologiya i virusologiya*. 2023; 3. 6-25 p. <https://doi.org/10.53729/MV-AS.2023.03.01>.
14. Chelekbaev MD, Novikova AS, Kurashvili LM. [Influence of lactic acid bacteria and liquid yeast on the hydrolysis of wheat flour starch]. *Izvestiya VUZov. Pishchevaya tekhnologiya*. 1992; 5-6. 12-14 p. EDN: QCRMUR.
15. Krekker LG, Kolosova EV. [Antioxidant activity as a functional advantage of a fermented milk product during storage]. *Khranenie i pererabotka selkhozsyrya*. 2020; 2. 147-160 p. <https://doi.org/10.36107/10.36107/spfp.2022.348>.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Mursalova Yuliya Vasilevna* - Ph.D. in Chemistry, applicant of Physiology, Pharmacology and Toxicology Department, e-mail: mursalova.yuliya@bk.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.
 Mursalov Timur Fatulakhovich - student, e-mail: timur_megapolis@mail.ru
 Dokuchaeva Irina Sergeevna - Ph.D. in Chemistry, Associate Professor of Department of Food Production Equipment, e-mail: dokuchaevais@corp.knrtu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8715-3277>
 Petukhova Elena Vladimirovna - Ph.D. of Biological sciences, Associate Professor of Food Biotechnology Department, e-mail: petukhovaev@corp.knrtu.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2402-0483>
 Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
 Ezhkova Asiya Mazetdinovna - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of Physiology, Pharmacology and Toxicology Department, e-mail: egkova-am@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5526-2214>
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.

**Требования к оформлению статьи в научно-практическом журнале
«УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ КАЗАНСКОЙ АКАДЕМИИ
ВЕТЕРИНАРНОЙ МЕДИЦИНЫ ИМ. Н.Э. БАУМАНА»**

Предоставляемые к публикации статьи, должны содержать результаты научных исследований в области ветеринарии и зоотехнии. Статьи проходят отбор на критерий актуальности и новизны рассматриваемых научных проблем.

Предполагается проверка предоставленного авторами материала в системе «Антиплагиат», при этом оригинальность должна быть **не менее 75%**. Рекомендуемый объем статьи, включая приложения, должен составлять не менее 10 и не более 14 страниц. Статьи должны быть оформлены на листах формата А4, шрифт – Times New Roman, размер – 14 пт, межстрочный интервал – 1,0. Поля (обычные) сверху и снизу – 2 см, слева – 2,5 см справа – 1,5 см, абзац (отступ) – 0,5 см (не задавать пробелами), формат – книжный.

Если статья была или будет отправлена в другое издание, то она не может быть принята к рассмотрению в журнале

Оформление статьи

1. Слева в верхнем углу без абзаца печатается УДК статьи (проверяйте корректность выбранного УДК на сайте Всероссийского Института Научной и Технической Информации – ВИНТИ).

2. Ниже, по центру строки название статьи (название статьи должно отражать основную идею выполненного исследования, быть по возможности кратким) жирным шрифтом прописными буквами.

3. Затем жирными строчными буквами – фамилия и инициалы автора(ов). Пропускается одна строка. **Количество авторов не более 5.** Список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали согласие на ее публикацию.

4. После этого через пробел – реферат статьи (**рекомендуемый объем – 200–250 слов**) отражает тематику статьи, ценность, новизну, основные положения и выводы исследований. Запрещается разбивка реферата на абзацы, использование вводных слов и оборотов. Реферат может публиковаться самостоятельно и, следовательно, должна быть понятной без обращения к тексту статьи. По реферату публикации читатель должен иметь возможность определить, стоит ли обращаться к полному тексту статьи для получения более подробной, интересующей его информации. Реферат не должен содержать нерасшифрованных сокращений и/или терминов, которые ранее не были представлены.

5. С нового абзаца – ключевые слова (**не более 9 слов**).

Слева строчными буквами печатается «Ключевые слова:» (без кавычек) и через запятую приводятся ключевые слова или словосочетания. Пропускается одна строка.

6. С нового абзаца - «Для цитирования». Записываются выходные данные по статье.

7. При написании научной статьи необходимо придерживаться следующей структуры изложения: **«Введение», «Цель исследований», «Условия, материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».**

8. В случае если ваша статья подготовлена при поддержке и есть необходимость прописать данный источник, добавляем после выводов раздел **Сведения об источнике финансирования:** Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Информация о конфликте интересов. Статья должна включать любой фактический или потенциальный конфликт интересов. Конфликт интересов – это условия, при которых у людей возникают вступающие в конфликт или конкурирующие интересы, способные повлиять на принятие редакторского решения. Конфликты интересов могут быть потенциальными или осознанными, а также реально существующими. На объективные могут повлиять личные, политические, финансовые, научные или религиозные факторы. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, то следует написать, что «автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

В разделе «Введение» предлагается постановка проблемы, должна быть сформулирована и обоснована цель работы и, если необходимо, рассмотрена ее связь с важными научными и практическими направлениями, дается теоретическое обоснование исследования. Должны присутствовать ссылки на публикации последних лет, в данной области включая зарубежных авторов.

Далее необходимо четко сформулировать **цель исследований** (для чего проводятся исследования результаты, которых приводятся в статье?) без использования таких расплывчатых формулировок как «изучить», «определить» и др., которая будет раскрыта в последующем тексте.

В следующем разделе раскрываются особенности данного исследования, приводятся условия, материалы и методы исследований. Место исследования уточняется до области (края). Следует отразить время, место, методику и условия проведения опытов.

Главный раздел статьи посвящается представлению, анализу и обсуждению результатов. По-

лученные результаты должны быть освещены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

В завершении представляются выводы и рекомендации.

Подзаголовки и заголовки набираются жирным шрифтом с заглавной буквы. Нумерация ссылок на библиографический список в тексте располагается в порядке упоминания источников. Ссылки на литературу в тексте приводятся в квадратных скобках, например: [1].

9. После основного текста статьи пропускается одна строка и по центру печатается заглавие «Литература» (без кавычек). Через одну строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту.

Список литературы (**не менее 10 источников и не более 30**) оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 и требованиями журнала, тщательно проверяется авторами и приводится в конце статьи. Нумерация ссылок в списке приводится в соответствии с порядком их упоминания в тексте. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации. Злоупотребление самоцитированием не допускается. Доля ссылок на собственные публикации авторов должна составлять **не более 25 %** списка литературы. Цитирование работ какого-либо одного автора, не входящего в состав авторского коллектива рукописи, также не должно превышать 25 %. Рекомендуется ссылаться не более чем на 2 публикации каждого из авторов. Доля ссылок на источники старше 10 лет не должна **превышать 25 %** списка литературы. Доля ссылок на публикации в журналах **из Белого списка** за последние 5 лет должна составлять **не менее 50 % списка литературы**. Ссылки на материалы конференций старше 3 лет не должны **превышать 20 %** списка литературы. **Ссылки на учебники, учебные пособия, авторефераты диссертаций не принимаются.** Число источников в «серийных» ссылках должно быть не более трех.

Все источники должны иметь ссылку в тексте статьи.

Необходимо правильно оформить ссылку на источник. Следует указать фамилии авторов, журнал, год издания, том (выпуск), номер, страницы, DOI или адрес доступа в сети Интернет (полный URL-адрес) и дата обращения. Интересующийся читатель должен иметь возможность найти указанный литературный источник в максимально сжатые сроки.

Большинство цитируемых источников должны быть доступны через Интернет, либо полными текстами, либо их метаданными. Если источник не имеет DOI (то можно использовать EDN - eLIBRARY Document Number), но его полный текст доступен через Интернет, важно указывать адрес страницы доступа —URL: <https://....> (в таком случае и дату доступа).

Недопустимо использовать в выходных данных цитируемых источников транслитерацию выходных сведений, сопровождающих описание (Vol. (не Tom), страницы –p., pp. (не –s.,ss.), Изд-во – Publ. и т.д., Москва – Moscow и т.д.).

Все списки цитируемой литературы в журнале переводятся/транслитерируются на английский язык.

Примеры оформления ссылок в конце документа.

10. «Сведения об авторах» Ф.И.О. (полностью), ученая степень, должность, e-mail, ORCID, с новой строки, полное наименование организации.

Пропускается одна строка.

11. На английском языке печатается по центру печатается название статьи.

Так же на английском языке слева печатается реферат, затем ключевые слова.

12. «Authors:» – информация на английском языке.

Иллюстрации к статье (при наличии) в формате JPEG, PNG, TIF должны быть четко выполненными, хорошего качества, наглядно иллюстрирующими текст. В тексте статьи обязательно должны быть ссылки на представленные рисунки. Нумерация рисунков производится в порядке ссылок по тексту. Нумерационный заголовок набирается выравниванием по центру. Тематический заголовок в той же строке, сразу после нумерационного (например: Рис. 1 –. Ссылка на рисунок в основном тексте оформляется в скобках: (рис. 1), если в тексте только один рисунок, то не нумеруется.

Таблицы представляются в редакторе WORD. Нумерация таблиц производится в порядке ссылок по тексту. В тексте статьи обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные таблицы. Нумерационный заголовок набирается с выравниванием по центру (например: Таблица 1. ...). Ссылка на таблицу в основном тексте оформляется в скобках, например: (табл. 1), если в тексте только одна таблица, то не нумеруется.

Простые **формулы**, не содержащие специальных символов (отсутствующих на клавиатуре), должны быть набраны символами с клавиатуры без использования специальных редакторов. Формулы, содержащие специальные символы (отсутствующие на клавиатуре), а также сложные и многострочные формулы должны быть целиком набраны в редакторе формул Microsoft Equation 2.0, 3.0 или Math Type equation. Не допускается набор части формулы символами, а части – в редакторе формул. Не рекомендуется вставлять в текст формулы в виде рисунков. Ссылка на формулы в основном тексте оформляется в скобках, например: (1). В тексте обязательно должны быть указаны ссылки на все представленные формулы. Если в тексте статьи формулы нумеруются, то эту нумерацию следует выполнить ручным набором чисел. Автоматическая нумерация не

допускается.

Авторы предоставляют в редакцию (одновременно):

– **электронная версия статьи** (по электронной почте: **uch.zap1883@mail.ru**. Файл со статьей следует называть по фамилии первого автора (Иванов И.И. – Определение силы);

– **сведения об авторах** (в электронном виде): Ф.И.О. (полностью), ученая степень, учёное звание, должность, полное наименование организации, телефон и адрес для связи, e-mail; эти же сведения на английском языке.

– **сопроводительное письмо** на имя главного редактора журнала, с подписями всех авторов.

Поступившие и принятые к публикации статьи не возвращаются.

При условии выполнения формальных требований к материалам на публикацию, предоставленная автором рукопись статьи рецензируется, согласно установленного порядка рецензирования рукописей, поступающих в редакцию журнала. Решение о целесообразности публикации после рецензирования принимается главным редактором (заместителями главного редактора), а при необходимости – редколлекцией в целом.

Редакция оставляет за собой право не регистрировать статьи, не отвечающие настоящим требованиям, а также право на воспроизведение материалов (опубликование, тиражирование) без ограничения тиража. Рукописи статей подвергаются редакционной обработке. Редакция оставляет за собой право вносить изменения, имеющие редакционный характер и не затрагивающие содержания статьи. Все статьи проходят институт рецензирования (экспертной оценки), по результатам которого редакционная коллегия принимает окончательное решение о целесообразности опубликования. За содержание статей юридическую и иную ответственность несут авторы. В случае отклонения статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

Нельзя использовать в написании статьи чат-боты ChatGPT (искусственный интеллект) – в частности «Текст, сгенерированный с помощью крупномасштабной языковой модели (LLM), такой как ChatGPT, запрещен, если созданный текст не представлен как часть экспериментального анализа статьи». А также нельзя включать в соавторы статьи искусственный интеллект (GPT).

Не допускается публикация более одной статьи одного и того же автора в одном номере журнала.

REQUIREMENTS FOR AUTHORS IN JOURNAL OF RESEARCH AND PRACTICE «SCIENTIFIC NOTES KAZAN BAUMAN ACADEMY OF VETERINARY MEDICINE»

Articles submitted for publication must contain the results of scientific research in the field of veterinary science and animal husbandry. Articles are selected based on the criterion of relevance and novelty of the scientific problems under consideration.

It is assumed that the material provided by the authors will be checked in the Antiplagiat system, and the originality must be at least 75%. The recommended length of the article, including appendices, should be no less than 10 and no more than 14 pages. Articles must be formatted on A4 sheets, font – Times New Roman, size – 14 pt, line spacing – 1.0. Margins (regular) at the top and bottom – 2 cm, on the left – 2.5 cm, on the right – 1.5 cm, paragraph (indent) – 0.5 cm (do not set spaces), format – portrait.

If the article has been or will be sent to another publication, then it cannot be accepted for consideration in the journal

Article design

1. In the upper left corner, without a paragraph, the UDC of the article is printed (check the correctness of the selected UDC on the website of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information - VINITI).

2. Below, in the center of the line, the title of the article (the title of the article should reflect the main idea of the research performed, and be as short as possible) in bold capital letters.

3. Then in bold lowercase letters – the surname and initials of the author(s). One line is missing. The number of authors is no more than 5. The list of authors contains only actual authors and does not include those who are not related to this work, and also that all co-authors have read and approved the final version of the article and agreed to its publication.

4. After this, separated by a space, the abstract of the article (recommended length is 200–250 words) reflects the topic of the article, value, novelty, main provisions and conclusions of the research. It is prohibited to split the abstract into paragraphs and use introductory words and phrases. The abstract can be published independently and, therefore, should be understandable without referring to the text of the article. Based on the abstract of the publication, the reader should be able to determine whether it is worth accessing the full text of the article to obtain more detailed information of interest. The abstract should not contain undefined abbreviations and/or terms that have not previously been presented.

5. From the new paragraph - keywords (no more than 9 words).

On the left, “Key words:” is printed in lowercase letters (without quotes) and key words or phrases are given separated by commas. One line is skipped.

6. From a new paragraph - “For quotation.” The output of the article is recorded.

7. When writing a scientific article, you must adhere to the following structure of presentation: “Introduction”, “Purpose of research”, “Conditions, materials and methods”, “Results and discussion”, “Conclusions”.

8. If your article was prepared with support and there is a need to specify this source, add the section Information about the source of funding after the conclusions: The work was carried out under the state assignment R&D No. 0477–2019–0005 with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

Conflict of Interest Information. The article must include any actual or potential conflict of interest. Conflicts of interest are conditions in which people have conflicting or competing interests that could influence editorial decisions. Conflicts of interest may be potential or perceived, as well as real. Objectivity may be affected by personal, political, financial, scientific, or religious factors. The author must notify the editor of any actual or potential conflict of interest by including information about the conflict of interest in the appropriate section of the article. If there is no conflict of interest, then it should be written that “the author declares that there is no conflict of interest.”

In the “Introduction” section, a statement of the problem is proposed, the purpose of the work should be formulated and justified and, if necessary, its connection with important scientific and practical areas should be considered, and a theoretical justification for the study should be given. There must be links to publications of recent years, in this area, including foreign authors.

Next, it is necessary to clearly formulate the purpose of the research (why are the research results being carried out, the results of which are presented in the article?) without using such vague formulations as “study”, “determine”, etc., which will be disclosed in the subsequent text.

The next section reveals the features of this study, provides conditions, materials and research methods. The location of the study is specified to the region (edge). The time, place, methodology and conditions of the experiments should be reflected.

The main section of the article is devoted to the presentation, analysis and discussion of the results. The results obtained should be highlighted from the point of view of their scientific novelty and compared with the corresponding known data.

Finally, conclusions and recommendations are presented.

Subheadings and headings are typed in bold and capitalized. The numbering of references to the bibliographic list in the text is arranged in the order in which the sources are mentioned. References to

literature in the text are given in square brackets, for example: [1].

8. After the main text of the article, one line is skipped and the title "Literature" (without quotes) is printed in the center. After one line, a numbered list of sources is placed in the order of references in the text.

The list of references (at least 10 sources and no more than 30) is drawn up in accordance with GOST R 7.0.5–2008 and the requirements of the journal, is carefully checked by the authors and is given at the end of the article. The numbering of references in the list is given in accordance with the order in which they are mentioned in the text. Only one source of information should be indicated in one entry in the list. Excessive self-citation is not allowed. The share of references to the authors' own publications should not exceed 25% of the list of references. Citations of the works of any one author who is not a member of the authors' collective of the manuscript should also not exceed 25%. It is recommended to cite no more than 2 publications by each of the authors. The share of references to sources older than 10 years should not exceed 25% of the list of references. The share of references to publications in journals from the White List over the past 5 years should be at least 50% of the list of references. References to conference materials older than 3 years should not exceed 20% of the list of references. References to textbooks, teaching aids, dissertation abstracts are not accepted. The number of sources in "serial" references should not exceed three.

All sources must have a link in the text of the article.

It is necessary to properly format the link to the source. You should indicate the names of the authors, journal, year of publication, volume (issue), number, pages, DOI or Internet access address (full URL) and date of access. An interested reader should be able to find the specified literary source as quickly as possible.

Most cited sources should be available online, either in full text or with metadata. If the source does not have a DOI (then you can use EDN - eLIBRARY Document Number), but its full text is available via the Internet, it is important to indicate the access page address -URL: <https://....> (in this case, the date of access) .

It is unacceptable to use in the output of cited sources transliteration of the output information accompanying the description (Vol. (not Tom), pages –p., pp. (not –s., ss.), Publisher – Publ., etc. ., Moscow - Moscow, etc.).

All lists of cited literature in the journal are translated/transliterated into English.

Examples of formatting links at the end of a document.

9. "Information about the authors" Full name (in full), academic degree, position, e-mail, ORCID, starting on a new line, full name of the organization. An asterisk indicates the name of the author with whom correspondence should be conducted.

One line is skipped.

10. In English, the title of the article is printed in the center.

Also in English, the abstract is printed on the left, then the keywords.

11. "Authors:" – information in English.

Illustrations for the article (if available) in JPEG, PNG, TIF format must be clearly executed, of good quality, and clearly illustrate the text. The text of the article must contain links to the presented drawings. The figures are numbered in the order of references in the text. The numbered heading is typed by center alignment. Thematic heading in the same line, immediately after the numbering (for example: Fig. 1 -. The link to the figure in the main text is in brackets: (Fig. 1), if there is only one figure in the text, then it is not numbered.

Tables are presented in the WORD editor. The tables are numbered in order of references in the text. The text of the article must contain links to all tables presented. The numbered heading is typed with center alignment (for example: Table 1. ...). A reference to a table in the main text is in parentheses, for example: (Table 1), if there is only one table in the text, it is not numbered.

Simple formulas that do not contain special characters (not on the keyboard) must be typed using symbols from the keyboard without using special editors. Formulas containing special characters (not available on the keyboard), as well as complex and multi-line formulas must be entirely typed in the Microsoft Equation 2.0, 3.0 or Math Typeequation formula editor. It is not allowed to type part of a formula using symbols, and parts – in the formula editor. It is not recommended to insert formulas into the text in the form of pictures. References to formulas in the main text are given in parentheses, for example: (1). The text must contain references to all presented formulas. If formulas are numbered in the text of the article, then this numbering should be done by manually typing numbers. Automatic numbering is not allowed.

The authors provide to the editor (at the same time):

- electronic version of the article (by email: uch.zap1883@mail.ru). The template is below. The file with the article should be named after the surname of the first author (Ivanov I.I. - Definition of power);

- information about the authors (in electronic form) Template below: Full name. (in full), academic degree, academic title, position, full name of the organization, telephone number and contact address, e-mail; the same information is in English. An asterisk indicates the name of the author with whom it is necessary to correspond;

- a covering letter addressed to the editor-in-chief of the journal, with the signatures of all authors.

Template below

– graduate students provide a certificate confirming their place of study.

Articles received and accepted for publication will not be returned.

Provided that the formal requirements for materials for publication are met, the manuscript of the article provided by the author is reviewed in accordance with the established procedure for reviewing manuscripts submitted to the editorial office of the journal. The decision on the advisability of publication after review is made by the editor-in-chief (deputy editors-in-chief), and, if necessary, by the editorial board as a whole.

The editors reserve the right not to register articles that do not meet these requirements, as well as the right to reproduce materials (publication, circulation) without limiting the circulation. Manuscripts of articles are subject to editorial processing. The editors reserve the right to make changes that are editorial in nature and do not affect the content of the article. All articles undergo peer review (expert assessment), based on the results of which the editorial board makes a final decision on the advisability of publication. The authors bear legal and other responsibility for the content of articles. If the article is rejected, the editors send a reasoned refusal to the author.

You cannot use ChatGPT (artificial intelligence) chatbots in writing an article - in particular, "Text generated using a large-scale language model (LLM) such as ChatGPT is prohibited unless the generated text is presented as part of the experimental analysis of the article." And also you cannot include artificial intelligence (GPT) as co-authors of an article.

Publishing articles in the magazine is free.

Articles must be sent to the email address: agrobiotech@kazgau.com

The cost of publishing an article in the journal depends on its volume (information is being clarified. Based on the cost: 1 page of the article (in M. Publisher format) 1500 rubles, review 3000 rubles, translator (proofreader 500 rubles). Articles provided by the author (authors) with violations of any publication requirements or with an incomplete package of documents will not be registered and published in the journal "Scientific notes Kazan Bauman academy of veterinary medicine".

Научно-практический журнал

**УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
КАЗАНСКОЙ АКАДЕМИИ ВЕТЕРИНАРНОЙ
МЕДИЦИНЫ ИМ. Н.Э. БАУМАНА
Том 265 (1), 2026 г.**

Редактор – Шайдуллин Р.Р.
Технический редактор – Махмутова Е.В.
Коррекция переводов – Галлямова Н.Р.
Корректор – Барсукова Р.С.

Формат 60x84/8. Тираж 500. Дата выхода в свет: 10.04.2026 год
Печать офсетная. Усл. п. л. 12,25 Заказ 09. Цена свободная.
Издательство Казанского ГАУ / 420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД № 06342 от 28.11.2001.
Отпечатано в типографии Казанского ГАУ.
420015 г. Казань, ул. К. Маркса, д. 65.
Казанский государственный аграрный университет