



Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

2025 Том 20 № 2

Прикладные факторы рынка лекарственных средств

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2
agrojournal.rudn.ru

Научный журнал
Издается с 2006 г.

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-61171 от 30.03.2015 г.

Учредитель: Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»

Главный редактор

Ватников Ю.А., д-р вет. наук,
проф., директор департамента
ветеринарной медицины АТИ,
РУДН, Москва, Российская
Федерация
E-mail: vatnikov-yua@rudn.ru

Заместитель главного редактора

Пакина Е.Н., д-р биол. наук,
директор Агробиотехнологического
департамента АТИ, РУДН, Москва,
Российская Федерация
E-mail: pakina-en@rudn.ru

Ответственный секретарь

Куликов Е.В., канд. биол. наук,
доц. департамента ветеринарной
медицины АТИ, РУДН, Москва,
Российская Федерация
E-mail: kulikov-ev@rudn.ru

Члены редакционной коллегии

Азизи С., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран
Астарханова Т.С., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Валентини Р., д-р биол. наук, проф., лауреат Нобелевской премии мира (2007), Университет Тушини, Витербо, Италия
Васильев А.А., д-р биол. наук, проф., МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ
Гинс М.С., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФНЦО Овощеводства РАН, Московская обл., РФ
Довлетярова Э.А., д-р биол. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Долженко В.И., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ ВНИИЗР, Пушкин, Санкт-Петербург, РФ
Донник И.М., д-р биол. наук, проф., академик РАН, Российская академия наук, Москва, РФ
Дубенок Н.Н., д-р с.-х. наук, проф., академик РАН, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Дускаев Г.К., д-р биол. наук, проф., проф. РАН, ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, Оренбург, РФ
Егоров И.А., д-р биол. наук, академик РАН, проф., ФНЦ «ВНИТИП» РАН, Сергиев Посад, РФ
Еланский С.Н., д-р биол. наук, проф., МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, РФ
Забережный А.Д., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., ФГБНУ ВНИТИБП, Московская обл., РФ
Завалин А.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, РФ
Заргар М., канд. с.-х. наук, доц., РУДН, Москва, РФ
Игнатов А.Н., д-р биол. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Ковеос Д., PhD, проф., Университет Аристотеля г. Салоники, Салоники, Греция
Котарев А.Г., д-р биол. наук, чл.-кор. РАН, проф., КубГАУ, Краснодар, РФ
Котарев В.И., д-р с.-х. наук, проф., ФГБНУ «ВНИВИПФиТ», Воронеж, РФ
Кузяков Я.В., д-р биол. наук, проф., Гёттингенский университет им. Георга-Августа, Геттинген, Германия
Ленченко Е.М., д-р вет. наук, проф., ФГБОУ ВО «МГУПП», Москва, РФ
Мохаммади-Недждат Г., д-р биол. наук, проф., Университет Шахида Бахонара в Кермане, Керман, Иран
Никитченко Д.В., д-р биол. наук, проф., ОМПК, Москва, РФ
Новиков А.Е., д-р тех. наук, доц., ВолГТУ, Волгоград, РФ
Овчинников А.С., д-р с.-х. наук, чл.-кор. РАН, ВолГАУ, Волгоград, РФ
Пивоваров В.Ф., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ ФНЦО, Московская обл., РФ
Пименов Н.В., д-р биол. наук, проф., проф. РАН, МГАВМиБ – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, РФ
Плескачев Ю.Н., д-р с.-х. наук, проф., ФИЦ «Немчиновка», Московская обл., РФ
Плющиков В.Г., д-р с.-х. наук, проф., РУДН, Москва, РФ
Соловьев А.А., д-р биол. наук, проф. РАН, проф., ФГБНУ ВНИИСБ, Москва, РФ
Сычѳв В.Г., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», Москва, РФ
Ткачев А.В., д-р с.-х. наук, доц., РУДН, Москва, РФ
Уша Б.В., д-р вет. наук, заслуж. деятель науки и техники РФ, академик РАН, МГУПП, Москва, РФ
Юдишбаев Ю.А., д-р с.-х. наук, академик РАН, проф., РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, РФ
Юсефи М., канд. биол. наук, доц., РУДН, Москва, РФ

Вестник Российского университета дружбы народов.
Серия: АГРОНОМИЯ И ЖИВОТНОВОДСТВО

ISSN 2312–797X (Print); 2312–7988 (Online)

4 выпуска в год (ежеквартально)

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Языки: русский, английский.

Индексируется в РИНЦ (НЭБ), RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, AGRIS, Ulrich's Periodicals Directory.

Цели и тематика. Журнал «Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство» — периодическое рецензируемое научное издание в области сельского хозяйства. Журнал является международным как по составу авторов и тематике публикаций, отражающей проблематику научных исследования в различных регионах мира, так и по составу редакционной коллегии и экспертного совета (рецензентов). Журнал предназначен для публикаций результатов фундаментальных и прикладных научных исследований российских и зарубежных ученых в виде оригинальных научных статей, обзорных научных материалов, научных сообщений, библиографических обзоров по определенным темам научных исследований. Также журнал публикует и распространяет результаты фундаментальных и прикладных исследований, проводимых в коллаборации отечественных и зарубежных ученых по приоритетным проблемам сельскохозяйственной отрасли. В журнале могут быть опубликованы материалы, научная ценность которых и пригодность для публикации оценена рецензентами и редакционной коллегией журнала. Во всех материалах должны соблюдаться этические нормы научных публикаций.

Редакционная коллегия принимает к рассмотрению материалы по направлениям: агрономия, животноводство, ветеринария, зоотехния, ветеринарно-санитарная экспертиза, техносферная безопасность, землеустройство и кадастры, ландшафтная архитектура — для подготовки тематических выпусков с участием приглашенных редакторов.

Журнал рекомендован диссертационными советами РУДН; входит в перечень изданий, публикации которых учитываются Высшей аттестационной комиссией России (ВАК РФ) при защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по специальностям: 1.5.9. Ботаника (сельскохозяйственные науки), 1.5.19. Почвоведение (сельскохозяйственные науки), 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (биологические науки, сельскохозяйственные науки), 4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология (сельскохозяйственные науки, биологические науки), 4.1.3. Агротехнология, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки, биологические науки), 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (биологические науки, сельскохозяйственные науки), 4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки, биологические науки), 4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки), 4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки, биологические науки).

Требования к статьям и правила рецензирования, электронный архив в открытом доступе и иная дополнительная информация размещены на сайте журнала: <http://agrojournal.rudn.ru>

Редактор *О.В. Горячева*

Редактор англоязычных текстов *М.И. Яблонская, В.М. Бяхова*

Компьютерная верстка *М.В. Рогова*

Адрес редакции:

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3

Тел.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Почтовый адрес редакции

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 8, корп. 2

Тел.: +7 (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Подписано в печать 26.06.2025. Выход в свет 30.06.2025. Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитуры Tinos, Roboto.

Усл. печ. л. 14,18. Тираж 500 экз. Заказ № 772. Цена свободная.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (РУДН)

117198, Москва, Россия, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

Отпечатано в типографии ИПК РУДН

115419, Москва, Россия, ул. Орджоникидзе, д. 3

Тел.: +7 (495) 955-08-61; publishing@rudn.ru



RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES

2025 VOLUME 20 No. 2

Applied aspects of pharmaceutical science in veterinary medicine

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2

agrojournal.rudn.ru

Founded in 2006

Founder: PEOPLES' FRIENDSHIP UNIVERSITY OF RUSSIA NAMED AFTER PATRICE LUMUMBA

EDITOR-IN-CHIEF

Yuriy A. Vatnikov,

D.Sc. in Veterinary Medicine, Professor,
Director of Department of Veterinary
Medicine, Agrarian and Technological
Institute, RUDN University, Moscow,
Russian Federation

E-mail: vatnikov-yua@rudn.ru

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Elena N. Pakina,

D.Sc. in Biology, Director of
Agrobiotechnology Department,
Agrarian and Technological Institute,
RUDN University, Moscow, Russian
Federation

E-mail: pakina-en@rudn.ru

EXECUTIVE SECRETARY

Evgeniy V. Kulikov,

Ph.D. in Biology, Associate Professor,
Department of Veterinary Medicine,
Agrarian and Technological Institute,
RUDN University, Moscow, Russian
Federation

E-mail: kulikov-ev@rudn.ru

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Sonia Agigi — D. Sc. in Biology, Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Tamara S. Astarkhanova — D. Sc. in Agriculture, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Victor I. Dolzhenko — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, All-Russian Institute of Plant Protection, St. Petersburg-Pushkin, Russian Federation

Irina M. Donnik — D. Sc. in Biology, Professor, Academician of the RAS, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

Elvira A. Dovletyarova — D. Sc. in Biology, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Nikolai N. Dubenok — D. Sc. in Agriculture, Professor, Academician of the RAS, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Galimzhan K. Duskaev — D. Sc. in Biology, Professor, Professor of the RAS, Federal Scientific Center biological systems and agricultural technologies RAS, Orenburg, Russian Federation

Ivan A. Egorov — D. Sc. in Biology, Academician of the RAS, Professor, Head of the Scientific Direction of Poultry Nutrition, All-Russian Research and Technological Poultry Institute of RAS, Sergiev Posad, Russian Federation

Sergey N. Elansky — D. Sc. in Biology, Professor, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

Murat S. Gins — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Federal Scientific Center for Vegetable Growing of the RAS, Moscow Region, Russian Federation

Alexander N. Ignatov — D. Sc. in Biology, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Andrey G. Koshaev — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor of the RAS, Professor, Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

Vyacheslav I. Kotarev — D. Sc. in Agriculture, Professor, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russian Federation

Dimtrios Koveos — PhD, Professor, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece

Yakov V. Kuznyakov — Doctor of Biological Sciences, Professor, University of Göttingen, Göttingen, Germany

Ekaterina M. Lenchenko — D. Sc. in Veterinary Medicine, Professor, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

Ghasem Mohammadi-Nejad — PhD, Professor, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Dmitry V. Nikitchenko — D. Sc. in Biology, Professor, Ostankino Meat Processing Plant, Moscow, Russian Federation

Andrey E. Novikov — D. Sc. in Technology, Associate Professor, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russian Federation

Aleksey S. Ovchinnikov — D. Sc. in Agriculture, Corresponding Member of the RAS, Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

Nikolai V. Pimenov — D. Sc. in Biology, Professor, Professor of the RAS, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russian Federation

Viktor F. Pivovarov — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Federal Scientific Center for Vegetable Growing of the RAS, Moscow Region, Russian Federation

Yury N. Pleskachev — D. Sc. in Agriculture, Professor, Nemchinovka Federal Research Center, Moscow Region, Russian Federation

Vadim G. Plyushchikov — D. Sc. in Agriculture, Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Alexander A. Solovyov — D. Sc. in Biology, Professor of the RAS, Professor, All-Russian Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russian Federation

Victor G. Sychev — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation

Alexander V. Tkachev — D. Sc. in Agriculture, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Boris V. Usha — D. Sc. in Veterinary Medicine, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Academician of the RAS, Moscow State University of Food Production, Moscow, Russian Federation

Riccardo Valentini — D. Sc. in Biology, Professor, Nobel Peace Prize Laureate (2007), University of Tuscia, Viterbo, Italy

Aleksey A. Vasiliev — D. Sc. in Biology, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, Moscow, Russian Federation

Morteza Yousefi — Ph.D. in Biology, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Yusupzhan A. Yuldashbaev — D. Sc. in Agriculture, Academician of the RAS, Professor, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

Aleksey D. Zaberezhny — D. Sc. in Biology, Corresponding Member of the RAS, Professor, All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry, Moscow Region, Russian Federation

Meisam Zargar — Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, RUDN University, Moscow, Russian Federation

Aleksey A. Zavalin — D. Sc. in Agriculture, Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Moscow, Russian Federation

RUDN JOURNAL OF AGRONOMY AND ANIMAL INDUSTRIES
Published by the Peoples' Friendship University of Russia
named after Patrice Lumumba (RUDN University),
Moscow, Russian Federation

ISSN 2312–797X (Print); 2312–7988 (Online)

Publication frequency: Quarterly

<http://agrojournal.rudn.ru> e-mail: agroj@rudn.ru

Languages: Russian, English

Indexed/abstracted by Russian Index of Science Citation, RSCI, Cyberleninka, DOAJ, CABI, AGRIS, Ulrich's Periodicals Directory.

Aims and Scope

RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries is a peer-reviewed periodical covering the latest research in the field of Agricultural Sciences. The journal is international with regard to its editorial board, contributing authors and thematic foci of the publications reflecting problems of various regions in the world.

The journal publishes original results of Russian and foreign scientific researchers and welcomes research articles, review articles, scientific reports, and bibliographic researches. The journal also publishes and disseminates the results of fundamental and applied research conducted by international collaborations of scientists on the priority problems of the agricultural sector.

The most common topics include Agronomy, Animal industries, Veterinary, Veterinary-sanitary expertise, Land use planning and cadaster, Landscape architecture.

The editors are open to thematic issue initiatives with guest editors. Submitted papers are evaluated by independent reviewers and the Editorial Board members specialized in the article field. All materials must comply with the ethical standards of scientific publications.

In order to expand our readership, we present our journal at scientific conferences, including the annual international conference "Innovation Processes in Agriculture", which is traditionally held at the base of the Agrarian Technological Institute of RUDN University. Each year the conference attracts many agrarian specialists from different parts of the world and continents: Europe, Asia, Africa, North and South America.

Full information for authors, reviewers, and readers (open access to electronic versions and subscription to print editions) can be found at <http://agrojournal.rudn.ru>

Editor *O.V. Goryacheva*
English text editor *M.I. Yablonskaya, V.M. Byakhova*
Computer design *M.V. Rogova*

Address of the Editorial Board:
3 Ordzhonikidze St, 115419 Moscow, Russian Federation
Ph.: +7 (495) 955-07-16; e-mail: publishing@rudn.ru

Postal Address of the Editorial Board:
8 Miklukho-Maklaya St, bldg 2, 117198 Moscow, Russian Federation
Ph.: +7 (495) 434-70-07; e-mail: agroj@rudn.ru

Printing run 500 copies. Open price

Peoples' Friendship University of Russia Named After Patrice Lumumba (RUDN University)
6 Miklukho-Maklaya St, 117198 Moscow, Russian Federation

Printed at RUDN Publishing House:
3 Ordzhonikidze St, 115419 Moscow, Russian Federation
Ph.: +7 (495) 955-08-61; e-mail: publishing@rudn.ru

Содержание

Прикладные факторы рынка лекарственных средств

- От редакции 179
- Белоусов Е.А., Новикова Е.О., **Карасев М.М.**, Белоусова О.В., Нотина Е.А.,
Новиков О.О. Гормональные препараты для ветеринарного применения
на фармацевтическом рынке: анализ ассортимента 182
- Денисенко В.Н., Абрамов П.Н., Балакирев Н.А., Албулов А.И., Фролова М.А.
Оценка эффективности использования общетонизирующей кормовой добавки
для норок в условиях промышленного производства 194
- Колычева А.Г., Руденко А.А., Шопинская М.И. Анализ рынка ветеринарных
лекарственных препаратов для собак 202
- Куликов Е.В., Сотникова Е.Д., Родионова Н.Ю., Прозоровский И.Е.,
Шепелева К.В., Руденко П.А. Прооксидантно-антиоксидантный контроль
эффективности аэрозольной терапии острой катаральной бронхопневмонии телят ... 214
- Пудовкин Н.А., Апиева Э.Ж., Смутнев П.В. Влияние комплексной терапии
на аминокислотный состав крови телят с заболеваниями желудочно-кишечного
тракта..... 227

Растениеводство

- Назарова Н.М., Федорова Д.Г. Влияние погодно-климатических факторов
на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области 239

Защита растений

- Платонов В.А., Нжойа М.Б.Э., Еланский А.С., Скоков Д.Н., Еланский С.Н.,
Чудинова Е.М. Перспективы штамма 23В78/1 *Serratia plymuthica* как агента
биоконтроля для защиты томата..... 253
- Иванова С.В., Рябчикова И.А. Применение микробиологических препаратов
при выращивании картофеля в зоне влияния металлургического производства..... 263
- Иванов А.В., Бондаренко Г.Н. Подбор оптимального метода подготовки проб
heterodera glycines для проведения молекулярной диагностики..... 274

Генетика и селекция животных

- Руденко О.В. Мониторинг структуры эритроцитарных антигенов
в генофондном стаде красного горбатовского скота 287

Ветеринария

- Пименов Н.В., Шашкова А.А., Круглов А.А.** Современные подходы к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней300
- Спирина А.С., Спирина О.А., Бычков В.С., Ермаков А.М.** Эпидемиологические характеристики собак с зубным камнем: 392 случая (2012–2020 гг).....310
- Остякова М.Е., Косицына К.С.** Иммунологические показатели при серозно-катаральном воспалении вымени у лактирующих коров323

Contents

Applied aspects of pharmaceutical science in veterinary medicine

- From the editorial..... 179
- Belousov E.A., Novikova E.O., **Karasev M.M.**, Belousova O.V., Notina E.A.,
Novikov O.O. Hormonal drugs for veterinary use in the pharmaceutical market:
assortment analysis 182
- Denisenko V.N., Abramov P.N., Balakirev N.A., Albulov A.I., Frolova M.A.
Evaluation of the effectiveness of a general tonic feed additive for minks under
industrial production conditions 194
- Kolycheva A.G., Rudenko A.A., Shopinskaya M.I. Market analysis of veterinary
medicines for dogs..... 202
- Kulikov E.V., Sotnikova E.D., Rodionova N.Y., Prozorovskiy I.E., Shepeleva K.V.,
Rudenko P.A. Prooxidant-antioxidant control of the effectiveness of aerosol therapy
for acute catarrhal bronchopneumonia in calves 214
- Pudovkin N.A., Apieva E.Zh., Smutnev P.V. Influence of complex therapy on
the amino acid composition of the blood of calves with gastrointestinal diseases 227

Crop production

- Nazarova N.M., Fedorova D.G. The influence of climatic factors on sunflower
ontogenesis in conditions of the Orenburg region 239

Plant protection

- Platonov V.A., Njoya M.B.E., Elansky A.S., Skokov D.N., Elansky S.N.,
Chudinova E.M. Prospects of *Serratia plymuthica* strain 23B78/1 as a biocontrol agent
for tomato protection 253
- Ivanova S.V., Ryabchikova I.A. The use of microbiological agents in potato
growing in the zone affected by metallurgical production 263
- Ivanov A.V., Bondarenko G.N. Study of optimal method of *Heterodera glycines*
sample preparation for molecular diagnostics 274

Genetics and animal breeding

- Rudenko O.V. Monitoring of the erythrocyte antigen structure in the gene pool herd
of Red Gorbатов cattle 287

Veterinary science

- Pimenov N.V., Shashkova A.A., Kruglov A.A.** Modern approaches to the prevention of actinobacillus pleuropneumonia in pigs300
- Spirina A.S., Spirina O.A., Bychkov V.S., Ermakov A.M.** Epidemiological characteristics of dogs with dental calculus: 392 cases (2012–2020).....310
- Ostyakova M.E., Kositsyna K.S., Irkhina V.K.** Immunological parameters in serous-catarrhal inflammation of the udder in lactating cows.323



Прикладные аспекты лекарствоведения в ветеринарной медицине

Applied aspects of pharmaceutical science in veterinary medicine

От редакции

В современных условиях ни одна фармацевтическая компания не обходится без серьезных вложений в маркетинговые исследования, и для достижения собственных рыночных целей, прежде всего, необходимо иметь четко сформулированную маркетинговую стратегию. При этом продуктивность маркетинговых шагов базируется на скрупулезной оценке рекламных продуктов и механизмов стимулирования сбыта, выборе правильных маркетинговых инструментов и оптимального их сочетания. Однако представители фармацевтического рынка при планировании данной стратегии не всегда учитывают возможности научного сообщества в обозначенном выше процессе, например, результаты исследования особенностей применения лекарственных продуктов в ветеринарии. В этой связи возникла идея формирования данного тематического выпуска нашего журнала.

В предлагаемом вниманию заинтересованного читателя тематическом номере журнала представлены научные работы, в которых раскрываются важные для понимания отдельных проблем ветеринарного сегмента рынка лекарственных средств вопросы.

Так, в статье «Гормональные препараты для ветеринарного применения на фармацевтическом рынке: анализ ассортимента» подводятся итоги маркетингового исследования ассортимента лекарственных препаратов для ветеринарного применения, имеющих официальную регистрацию в Российской Федерации. Полученные результаты позволяют обеспечить повысить информированность специалистов, а также улучшить координацию ветеринарной (аптечной) организации и ее деятельности в целом.

Авторы «Оценки эффективности использования общетонизирующей кормовой добавки для норок в условиях промышленного производства» показали, как биологически активная кормовая добавка в смеси с кормами хозяйственного рациона оказывает общетонизирующее влияние, стимулирует синтез белка, рост и развитие животных, активизирует регенеративную активность нейтрофилов и общую иммунную реактивность организма.

В свою очередь, актуальным является анализ рынка ветеринарных лекарственных препаратов для собак. На сегодняшний день отсутствуют результаты объективных оценок качества целевых лекарственных препаратов. В этой связи научные изыскания коллектива исследователей увенчались разработанной системой

оценки качества и выбора препаратов для лечения наиболее распространенных заболеваний.

Авторы статьи «Прооксидантно-антиоксидантный контроль эффективности аэрозольной терапии острой катаральной бронхопневмонии телят» установили, что при лечении больных животных с помощью аэрозольной обработки в помещении экспериментально подобранным фитопрепаратом экстракта зверобоя продырявленного с внутримышечным введением препарата «Марфлоксин» существенно раньше наступает общее клиническое улучшение у наблюдаемых пациентов по сравнению с контрольной группой животных.

В статье «Влияние комплексной терапии на аминокислотный состав крови телят с заболеваниями желудочно-кишечного тракта» коллектив исследователей представил интересные результаты, которые свидетельствуют о восстановлении аминокислотного состава крови при использовании совместно с традиционной терапией сквашенного молозива.

Редакция журнала искренне надеется, что опубликованные научные материалы вызовут положительный резонанс в кругу заинтересованных читателей.

Ю.А. Ватников, главный редактор

ENG

From the editorial

In modern conditions, no pharmaceutical company can do without serious investments in marketing research, and to achieve its own market goals, it is first necessary to have a clearly formulated marketing strategy. At the same time, the productivity of marketing steps is based on a scrupulous assessment of advertising products and sales promotion mechanisms, the choice of the right marketing tools and their optimal combination. However, when planning this strategy, representatives of pharmaceutical market do not always consider the capabilities of scientific community in the process mentioned earlier, such as the results of research on the peculiarities of using medicinal products in veterinary medicine. This is why we came up with the idea of creating this thematic issue of our journal.

The thematic issue of the journal offered to the attention of the interested reader presents scientific papers that reveal issues important for understanding certain problems of veterinary segment of pharmaceutical market.

Thus, the article "Hormonal drugs for veterinary use in the pharmaceutical market: assortment analysis" summarizes the results of a marketing study of the range of veterinary drugs that have official registration in the Russian Federation. The findings can help

to improve the awareness of specialists and enhance the coordination of veterinary (pharmacy) organizations and their activities in general.

The authors of "Evaluation of the effectiveness of a general tonic feed additive for minks under industrial production conditions" showed how a biologically active feed additive mixed with the animals' regular feed has a general tonic effect, stimulates protein synthesis, growth and development of the animals, activates the regenerative activity of neutrophils and the overall immune reactivity of the organism.

In turn, it is relevant to analyze the market of veterinary medicines for dogs. To date, there are no results of objective assessments of the quality of targeted drugs. Therefore, the scientific study of a group of researchers resulted in the development of a system for assessing the quality and selecting drugs for treating the most common diseases.

The authors of the article "Prooxidant-antioxidant control of the effectiveness of aerosol therapy for acute catarrhal bronchopneumonia in calves" found that when treating sick animals with aerosol disinfection in the room using an experimentally selected herbal medicine, St. John's wort extract, combined with intramuscular injections of Marfloxin, general clinical improvement occurs much earlier in the observed animals compared to the control group.

In the article "Influence of complex therapy on amino acid composition of blood in calves with gastrointestinal tract diseases", the research team presented interesting results that indicate the restoration of the amino acid composition of the blood when fermented colostrum is used in combination with traditional therapy.

The editors of the journal sincerely hope that the published scientific articles will resonate positively among interested readers.

Y.A. Vatnikov, Editor-in-Chief



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-182-193

EDN LYTGYN

УДК 619:615.1

Обзорная статья / Review article

Гормональные препараты для ветеринарного применения на фармацевтическом рынке: анализ ассортимента

Е.А. Белоусов¹ , Е.О. Новикова² , М.М. Карасев³ ,
О.В. Белоусова¹ , Е.А. Нотина² , О.О. Новиков²  

¹Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация

²Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

³Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орёл, Российская Федерация

 novikov_oo@pfur.ru

Аннотация. Для коррекции физиологических и биохимических процессов в первую очередь с целью интенсификации развития животного организма в сельском хозяйстве успешно используются лекарственные средства. Зарегистрировано 2384 лекарственных препаратов для ветеринарного применения. Современная фармакология обладает широким спектром лекарственных средств, способствующих более быстрому развитию с целью увеличения мышечной массы животного и значительному снижению затрат для получения товарной продукции. Отсюда такое внимание к гормональным препаратам со стороны зоотехнических и ветеринарных служб. Приведены результаты маркетингового исследования ассортимента лекарственных препаратов для ветеринарного применения, имеющих официальную регистрацию на профильном рынке Российской Федерации. Исследование проведено в обеспечение целевого потребительского рынка. Полученные результаты повысят информированность профильных специалистов, расширят их профессиональный кругозор и, как следствие, улучшат координацию материальных, трудовых и финансовых активов ветеринарной организации и ее деятельности в целом.

Ключевые слова: фармакотерапия, ветеринария, глюкокортикостероиды, рынок лекарств

Вклад авторов: Белоусов Е.А. — переработка и структурирование полученной информации, контент-анализ исследуемых данных; Новикова Е.О. — поиск и первичная систематизация исследуемых данных; Карасев М.М. — графический анализ исследуемых данных; Белоусова О.В. — структурный анализ исследуемых данных; Нотина Е.А. — лингвистическое оформление полученного материала; Новиков О.О. — общее руководство научной работой. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

© Белоусов Е.А., Новикова Е.О., Карасев М.М., Белоусова О.В., Нотина Е.А., Новиков О.О., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 16 марта 2025 г., принята к публикации 7 апреля 2025 г.

Для цитирования: Белоусов Е.А., Новикова Е.О., Карасев М.М., Белоусова О.В., Нотина Е.А., Новиков О.О. Гормональные препараты для ветеринарного применения на фармацевтическом рынке: анализ ассортимента // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 182–193. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-182-193 EDN: LYTGYN

Hormonal drugs for veterinary use in the pharmaceutical market: assortment analysis

Evgeny A. Belousov¹ , Ekaterina O. Novikova² , Mikhail M. Karasev³ ,
Olga V. Belousova¹ , Elena A. Notina² , Oleg O. Novikov²  

¹Belgorod State National Research University, *Belgorod, Russian Federation*

²RUDN University, *Moscow, Russian Federation*

³Orel State University named after I.S. Turgenev, *Orel, Russian Federation*

 novikov_oo@pfur.ru

Abstract. Medicines are successfully used to correct physiological and biochemical processes, primarily to intensify the development of the animal organism in agriculture. Registered medicinal products for veterinary use comprises 2384 units. Modern pharmacology has a wide range of drugs that contribute to faster development to increase the muscle mass of the animal and significantly reduce costs for obtaining marketable products. Hence the attention paid to hormonal drugs by zootechnical and veterinary services. The results of a marketing study of the veterinary use drugs range that are officially registered in the specialized market of the Russian Federation are presented. The study was conducted to ensure the target consumer market. The results obtained will increase the awareness of specialized specialists, expand their professional horizons and, as a result, improve the coordination of material, labor and financial assets of the veterinary organization and its activities in general.

Keywords: pharmacotherapy, veterinary medicine, glucocorticosteroids, drug market

Author contribution: Belousov E.A. — processing and structuring of the received information, content analysis of the studied data; Novikova E.O. — search and primary systematization of the studied data; Karasev M.M. — graphical analysis of the studied data; Belousova O.V. — structural analysis of the studied data; Notina E.A. — linguistic design of the received material; Novikov O.O. — general management of scientific work. All authors reviewed the final version of the manuscript and approved it.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Article history: received 16 March 2025; accepted 7 April 2025.

For citation: Belousov EA, Novikova EO, Karasev MM, Belousova OV, Notina EA, Novikov OO. Hormonal drugs for veterinary use in the pharmaceutical market: assortment analysis. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):182–193. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-182-193 EDN: LYTGYN

Введение

Маркетинговые исследования рынка лекарственных средств ветеринарного применения позволяют обеспечить информированность профильных специалистов [1, 2]. Происходит систематизация знаний, расширение профессионального кругозора, что может способствовать координации трудовых и финансовых активов ветеринарной, фармацевтической организации [2].

На современном этапе положительное влияние на развитие фармацевтической науки и фармацевтической промышленности оказывает рост товарного производства сельскохозяйственной продукции, в т. ч. животного происхождения [2]. Вместе с ростом поголовья пропорционально увеличивается потребность в лекарственных препаратах для ветеринарного использования, в т. ч. имеющих в своем составе гормоны или их синтетические аналоги [3, 4]. С ростом благосостояния населения страны выросло количество домашних животных, которым также, как и сельскохозяйственным животным, требуется ветеринарное обслуживание [2, 3]. Следует сказать, что успешное функционирование ветеринарной службы без применения гормональных препаратов в лечебно-профилактической практике в настоящее время фактически невозможно [3–8].

Гормоны — высоко специализированные сигнальные молекулы, контролирующие ряд важнейших биохимических процессов, протекающих в периферических тканях, в т. ч. расположенных далеко от эндокринных желез [7, 9, 10]. Основные эффекты гормонов — метаболический, морфогенический, кинетический, корректирующий и перmissивный. Часть гормональных препаратов являются стероидами и обладают анаболической активностью, и даже незначительное увеличение их концентрации в крови способно привести к увеличению массы тела. В ветеринарии гормоны используют для стимуляции роста и набора веса, ускорения полового созревания и лучшей усвояемости кормов [11, 12].

В животноводстве и ветеринарии в гинекологической практике для синхронизации репродуктивной функции маточного поголовья широко используются препараты, содержащие гормоны или их синтетические аналоги. Не менее востребована данная группа лечебных препаратов (ЛП) при лечении различных воспалительных процессов, в т. ч. в матке и других органах, связанных с воспроизводительной функцией [13, 14]. Зачастую применение гормонов ветеринарными врачами позволяет минимизировать сроки течения заболевания, снизив тяжесть патологических процессов, и нормализовать состояние животного, максимально сократив издержки на его лечение [14, 15].

Цель исследования — изучить представленный на фармацевтическом рынке России ассортимент лечебных препаратов, содержащих гормоны или их синтетические аналоги для ветеринарного применения, по фармакотерапевтическим (ФТ) группам, числу входящих в состав ЛП активных веществ, агрегатному состоянию, отношению к стране производителя, компании-производителю, видам жидких лекарственных форм, отпуску из аптек, годам регистрации и объектам ветеринарного применения.

Материалы и методы исследования

Объекты исследований: Федеральный закон № 61-ФЗ «Об обращении лекарственных средств», Государственный реестр лекарственных средств для животных, Справочник Видаль.

Методы исследований:

– контент-анализ — научный метод, предполагающий систематическую и надежную фиксацию определенных элементов содержания некоторой совокупности документов с последующей количественной обработкой полученных данных;

– структурный анализ — базируется на системном анализе, работает как набор географических карт в исследовании системы начиная с общего обзора и последующей детализацией;

– графический анализ — изображение числовых величин и их соотношений помощью геометрических образов и изобразительных средств, т.е. наглядных средств. В исследовании в т.ч. использован инструмент «Лепестковая диаграмма» для построения многокритериальной модели и сравнения количественных переменных. Лепестковая диаграмма показывает, какие переменные имеют сходные значения, а также есть ли выбросы среди значений каждой переменной;

– аналитическое исследование — детальный анализ каких-либо данных, путь изучения текущих процессов и явлений, на основе которых потом применяется решение.

При проведении исследования были использованы материалы опубликованных маркетинговых исследований из печатных и электронных общедоступных источников информации, аналитические материалы профильного рынка, а также данные из официальных документов государственных организаций.

Результаты исследования и обсуждение

В ходе исследования Государственного реестра лекарственных средств для животных сформирован информационный массив ЛП, содержащих в своей структуре гормоны или их синтетические аналоги. Выявлено, что структуру ассортимента определяют 95 торговых наименований (ТН) ЛП, производителями которых являются 38 производственных фармацевтических компаний. Все ЛП являются безрецептурными.

На первом этапе проведено исследование по фармакотерапевтическим группам. Исследование ассортимента по фармакотерапевтическим группам позволяет систематизировать (упорядочить, оптимизировать группы) ЛП по их применению для лечения групп болезней, болезней определенных органов и систем животного или конкретных заболеваний. По результатам исследования выделено 11 ФТ групп:

- другие гормоны, их аналоги и антагонисты — определяют 14 ТН — 15,0 %;
- гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты — 48 ТН — 51,0 %;
- глюкокортикостероиды — 5ТН — 5,0 %;
- эстрогены, гестагены, их гомологи и антагонисты — 2 ТН — 2,0 %;

- инсулины в комбинациях — 1 ТН — 1 %;
- инсулины — 2 ТН — 2,0 %;
- другие гормоны, их аналоги и антагонисты в комбинациях — 2 ТН — 2,0 %;
- глюкокортикостероиды в комбинациях — 3ТН — 3,0 %;
- гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты в комбинациях — 2 ТН — 2,0 %;
- эстрогены, гестагены, их гомологи и антагонисты в комбинациях — 1 ТН — 1,0 %;
- другие антибактериальные и противогрибковые средства в комбинациях — 15 ТН — 16,0 % (рис. 1).

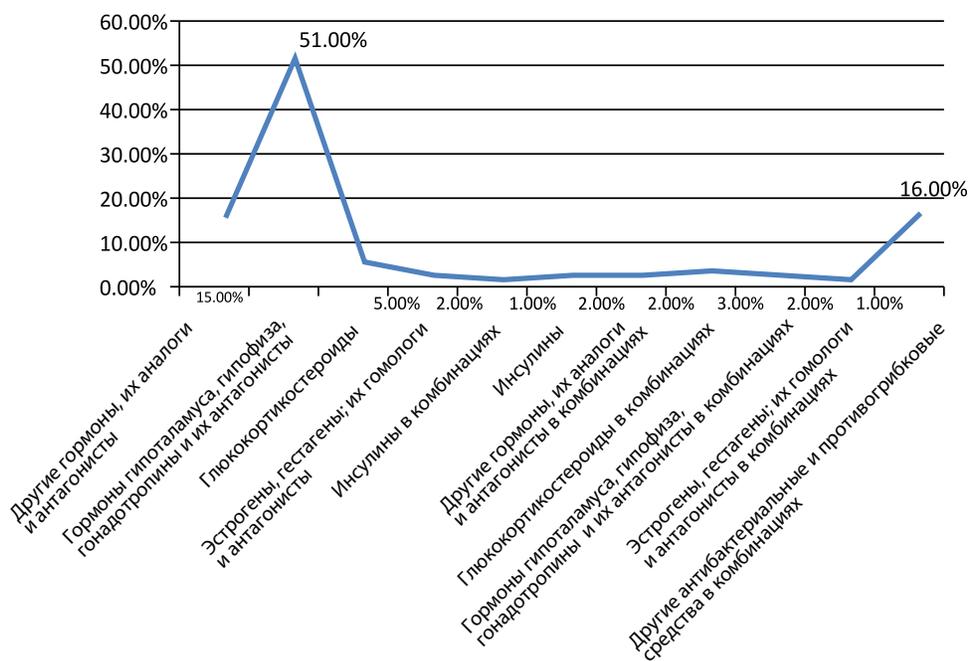


Рис. 1. Сегментация результатов исследования в зависимости от фармакотерапевтических групп, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Исследован ассортимент препаратов по числу активных субстанций, присутствующих в составе. Определено, что монокомпонентные ЛП составляют 57 ТН — 60,0 %; имеющие в своем составе два действующих вещества ЛП — 19 ТН — 20,0 %, три и более фармакологически активных компонента — 19 ТН — 20,0 %. Можно сделать вывод о доминировании однокомпонентных гормональных препаратов на российском рынке. Все препараты являются безрецептурными (рис. 2).



Рис. 2. Ранжирование результатов по числу активных субстанций, %
 Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Рынок лекарственных препаратов, используемых в ветеринарной практике, формируют шестнадцать стран-производителей препаратов, содержащих в своей структуре гормоны или их синтетические аналоги. Российская Федерация с 46 ТН, что составляет 49 %, лидирует среди стран-производителей; Великобритания с 5 ТН — 5,0 %; Испания 6 ТН — 6,0 %; Германия 11 ТН — 12,0 %; Франция 8 ТН — 9 %; Нидерланды 3 ТН — 3,0 %; Бельгия 3 ТН — 3,0 %; Чехия 4 ТН — 4,0 %; Беларусь 2 ТН — 2 %; Корея, Австралия, Словения, Эстония, Новая Зеландия, Португалия, Ирландия по 1 ТН — 1,0 %. Полученные данные позволяют говорить о превалировании российских целевых препаратов на российском потребительском рынке, составляющих почти 49 % рынка гормональных препаратов, входящих в государственный реестр ветеринарных препаратов, что говорит об успехах в импортозамещении (рис. 3).

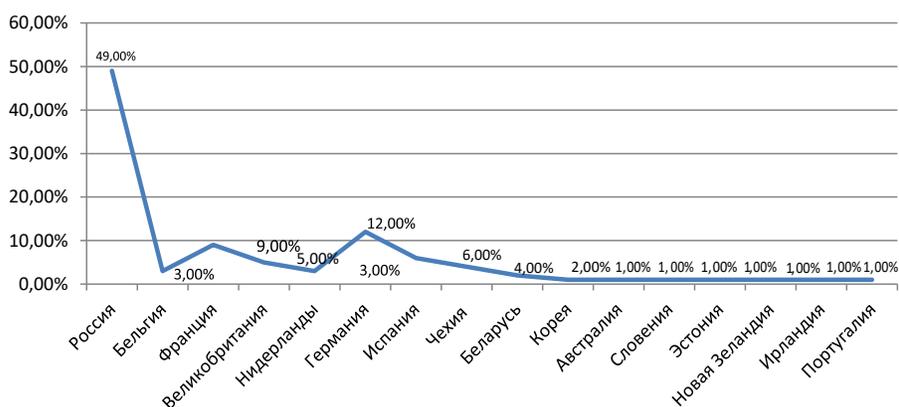


Рис. 3. Распределение показателей исследования в зависимости от страны производителя, %
 Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Исследован ассортимент гормональных ветеринарных препаратов в зависимости от компании-производителя. Выявлено, что фармацевтическая компания ООО «НВП «АСТРАФАРМ» лидирует среди компаний-производителей гормональных препаратов для ветеринарного использования и определяет 8 ТН — 9,0 %; компании АО «МОСАГРОГЕН», Intervet International GmbH, Ceva Sante Animale — по 6 ТН — 7,0 %; ООО «Апиценна» — 5 ТН — 6,0 %; Vevox-Pharma GmbH, ООО «НИТА-ФАРМ», АО «НПФ «Экопром», Bioveta S.A., Norbrook Laboratories Limited — по 4 ТН — 4,0 %; фармацевтические компании ООО «НПК «Асконт+», ООО «АВЗ С-П», Zoetis Belgium S.A., ООО «НВЦ АГРОВЕТЗАЩИТА С-П.», Laboratorios Hipra, S.A. — по 3 ТН — 3,0 %; ООО «Завод Медсинтез», ФГОУ «Федеральный центр охраны здоровья животных», ООО «СПАЗ-фарм», Intervet International B.V., ООО «НПП «Агрофарм», Laboratorios SYVA S.A.U. — по 2 ТН — 2 %; фармацевтические компании KRKA, d.d., Novomesto, DEC International NZ Ltd, Boehringer Ingelheim Animal Health France SCS, ИП «ВИК — здоровье животных», «Вет Фарма Фризойте ГмбХ», Dales Pharmaceuticals Limited, VIRBAC (AUSTRALIA), Dong Bang Co., Ltd, Virbac, M-L.I.D., Alfasan International B.V., ООО «НПФ «Вектор», ПУП «Гомельский завод ветеринарных препаратов», Bimeda Chemicals Export, Lusomedicamenta, Sociedade Tecnica Farmaceutica, S.A., Industrial Veterinaria, S.A. INVESA, Interchemie Werken De Adelaar Eesti AS, ООО «Ветбиохим» — по 1 ТН — 1,0 % от исследуемого ассортимента ЛП (рис. 4).

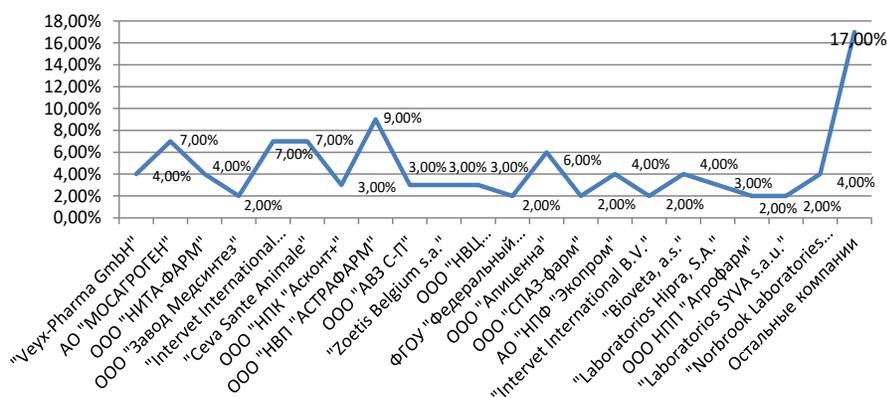


Рис. 4. Распределение результатов исследования в зависимости от компании-производителя, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Исследование по агрегатному состоянию имело следующие результаты. Ведущее положение занимают жидкие лекарственные формы — 75 ТН — 79,0 %; на долю твердых приходится 14 ТН — 15,0 %; по 3 ТН — 3 % на мягкие и другие лекарственные формы. Преобладание жидких лекарственных форм напрямую связано

с возможностью ввести действующее вещество в системный кровоток, особенно это актуально в условиях стойлового содержания многих животных (рис. 5).



Рис. 5. Сегментация ассортимента по агрегатному состоянию, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Доминирующее положение жидких лекарственных форм, обусловленное их несомненными преимуществами в удобстве применения и без всякого сомнения получения от их использования того фармакологического эффекта, который значителен в сопроводительных документах ЛП и ожидает ветеринарный врач, безусловно дающего предсказуемые результаты и положительное влияние на здоровье животного, обязывает провести исследование внутри этой целевой группы лекарственных препаратов. Исследование показало преобладающее положение растворов для инъекций — 31 ТН — 42,0 % от исследуемого кластера жидких лекарственных препаратов. Минимальное количество ТН приходится на масляные растворы для приема внутрь и растворы для наружного применения — по 1 ТН — 1,0 %. Вторую строчку по количеству ТН в исследовании делят лиофилизат для приготовления инъекционных растворов и суспензии для интрацестернального применения — по 10 ТН — 13,0 %. Капли для приема внутрь — 5 ТН — 7,0 %. Суспензии для инъекций определяют — 6 ТН — 8,0 %, для приема внутрь — 4 ТН — 5,0 %, для наружного применения — 3 ТН — 4,0 %. Растворы внутрь и ушные капли — по 2 ТН — 3,0 % от исследуемого ассортимента жидких лекарственных форм (рис. 6).

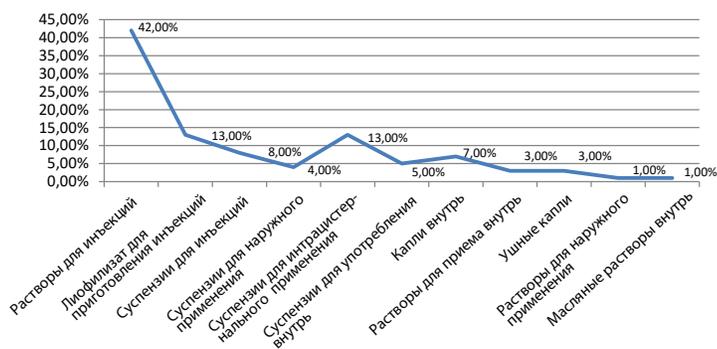


Рис. 6. Сегментация рынка целевых средств внутри жидких лекарственных форм, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Приведены данные регистрации ЛП, содержащих в своей структуре гормоны или их синтетические аналоги, с 2013 по 2024 гг. Максимальное количество ТН гормональных препаратов было зарегистрировано в 2019 г. 16,0 %. Стабильное увеличение количества регистрируемых ЛП с 2013 по 2019 г. сменилось снижением регистрируемых ТН с 2020 по 2024 г., что может говорить о уменьшении зависимости от импорта, повышении активности российской фармацевтической науки и промышленности по созданию аналогов в условиях импортозамещения и стабилизации рынка гормональных препаратов, используемых в ветеринарии (рис. 7).

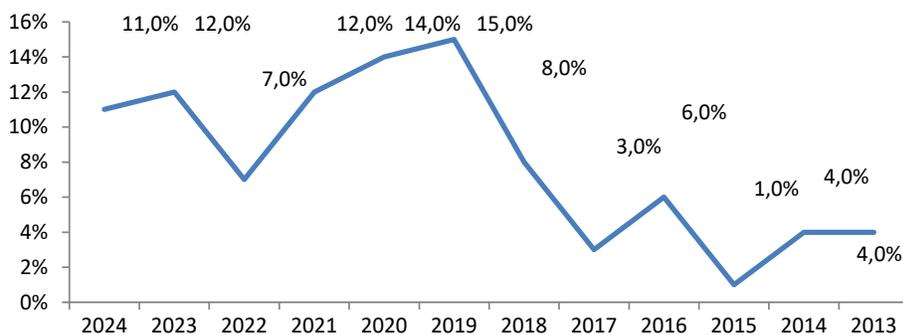


Рис. 7. Ранжирование результатов в зависимости от даты регистрации, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

В свою очередь, проведено исследование частоты использования ЛП, имеющих в составе гормоны или их синтетические аналоги, при ветеринарном обслуживании сельскохозяйственных, домашних и других типов животных. Выявлено, что препараты для сельскохозяйственных животных составляют 43 ТН — 45,0 %; для домашних и сельскохозяйственных — 13 ТН — 14,0 %; только для домашних 36ТН — 38,0 %; не вошедших в первые три группы — 3 ТН — 3,0 % (рис. 8).

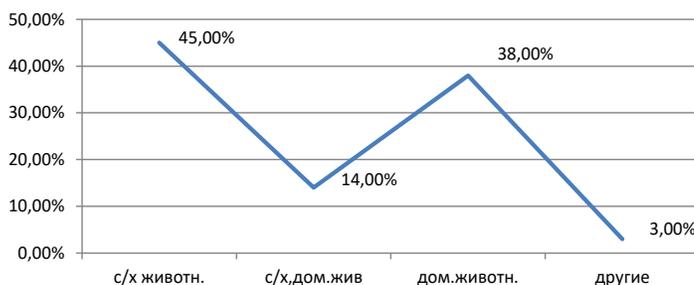


Рис. 8. Сегментация рынка целевых средств по частоте использования у разных объектов ветеринарного обслуживания, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

На представленной для лучшей визуализации диаграмме видно, что показатели «Безрецептурный отпуск», «Однокомпонентные препараты», «Растворы для инъекций», «Жидкие ЛФ» и «Произведено в России» являются стабильными значениями рынка гормональных препаратов в Российской Федерации (рис. 9).

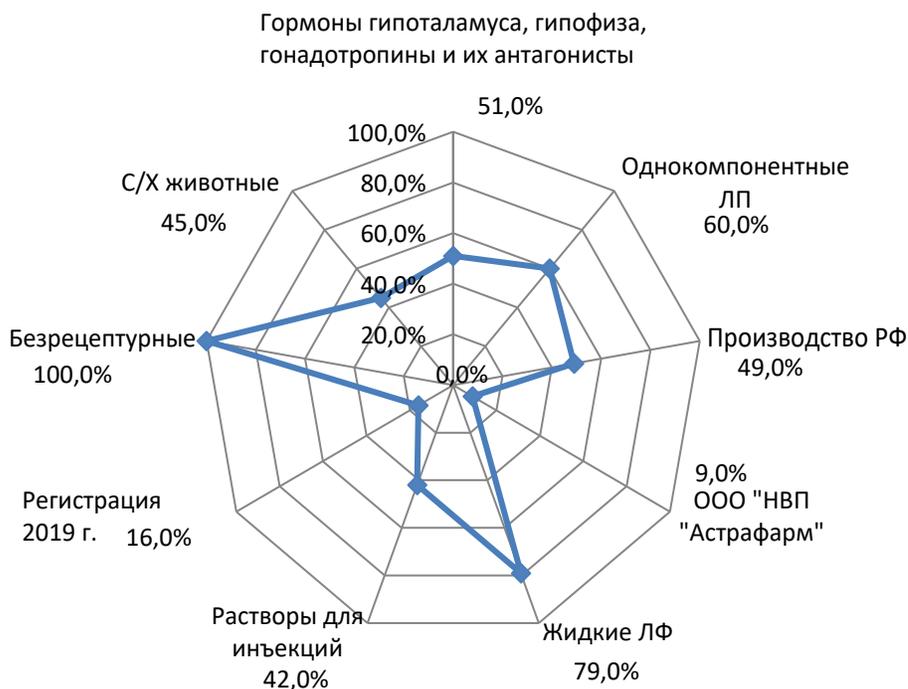


Рис. 9. Градация максимальных показателей исследования, %

Источник: выполнено Е.А. Белоусовым, Е.О. Новиковой, М.М. Карасевым, О.В. Белоусовой, Е.А. Нотиной, О.О. Новиковым.

Заключение

Изучен ассортимент препаратов, содержащих в своей структуре гормоны или их синтетические аналоги для ветеринарного применения, которые зарегистрированы на фармацевтическом рынке России. При этом процентное содержание гормональных препаратов на 15.11.2024 г. составляет 4 % от общего количества зарегистрированных ЛП.

Найдено, что ФТ группа «Гормоны гипоталамуса, гипофиза, гонадотропины и их антагонисты» составляют — 51,0 %; монокомпонентные ЛП — 60,0 %; произведенные в РФ — 49 %; ЛП ООО «НВП «АСТРАФАРМ» — 9 %; жидкие ЛФ — 79 %; растворы для инъекций — 42,0 % от исследуемого кластера жидких лекарственных форм; максимальное количество ТН гормональных препаратов было зарегистрировано в 2019 г. — 16,0 %; ЛП для сельскохозяйственных животных — 45 % от исследуемого ассортимента гормональных ЛП.

Проведенное маркетинговое исследование российского рынка препаратов, содержащих в своей структуре гормоны или их синтетические аналоги для ветеринарного применения, позволяет обеспечить информированность профильных специалистов, расширить их профессиональный кругозор и, как следствие, улучшить координацию материальных, трудовых и финансовых активов ветеринарной организации и ее деятельности в целом.

Список литературы

1. Бышенко В.В., Кныш О.И., Задираченко Л.Н., Егорова А.О., Родина Ю.С. Современное состояние рынка ветеринарных лекарственных препаратов Тюменской области // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2022. Т. 15. № 2. С. 267–283. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2022.133> EDN: OODYZE
2. Белусов Е.А., Новикова Е.О., Белоусова О.В., Карасев М.М., Ватников Ю.А., Сахно Н.В., Новиков О.О. Анализ ассортимента антисептических и дезинфицирующих средств для ветеринарного применения на российском рынке // Ветеринарный фармакологический вестник. 2023. № 2 (23). С. 91–104. doi:10.17238/issn2541-8203.2023.2.91 EDN: JUTUNV
3. Вареников М.В., Лиена В.Л., Турчина В.И. Эффективность осеменения животных зависит от уровня прогестерона // Ветеринария. 2014. № 5. С. 42–44. <http://i.uran.ru/webcab/system/files/journalspdf/veterinariya/veterinariya-2014-n-5/veterinariya52014.pdf>
4. Лободин К.А. Плацента активное начало — для коррекции воспроизводительной функции у коров // Ветеринария. 2006. № 7. С. 38–41. EDN: HUGSSP
5. Назаров М.В., Руднева Я.А. Гормональная индукция стадии возбуждения полового цикла у коров и телок // Научный журнал КубГАУ. 2018. № 136(02). С. 1–10. doi: 10.21515/1990-4665-136-034 EDN: YPPSRW
6. Порфирьев И.А. Бесплодие высокопродуктивных молочных коров // Ветеринария. 2006. № 10. С. 39–42. EDN: HUZLBP
7. Усачев И.И., Полякова А.С., Лебедько М.Д. Фармакологическое и ветеринарное значение гормональных препаратов и их применение в ветеринарной практике // Вестник Брянской ГСХА. 2022. № 5(93). С. 48–52. doi: 10.52691/2500-2651-2022-93-5-48-52 EDN: MCMCYP
8. Назаров М.В., Горпинченко Е.А., Гринь В.А. Гормональная регуляция воспроизводительной функции коров и телок // Ветеринария Кубани. 2017. № 4. С. 10–12. http://vetkuban.com/num4_201703.html EDN: ZDUIKN
9. Petitti D.B. Hormonal contraceptives and arterial thrombosis — not risk-free but safe enough // The New England Journal of Medicine. 2012. № 366. 2316. doi: 10.1056/NEJMe1204769
10. Curtis K.M., Chrisman C.E., Peterson H.B. WHO Programme for mapping best practices in reproductive health. Contraception for women in selected circumstances // Obstetrics & Gynecology. 2002. № 99. 1100. [https://www.jogc.com/article/S1701-2163\(16\)30260-2/abstract](https://www.jogc.com/article/S1701-2163(16)30260-2/abstract)
11. Sodek Z., Dymarski I., Piekarska O. The analysis of a longevitu and the reasons of mil king cows cull from the herd ZZD IZ Pawlowice // ACTA Scientiarum Polonorum. 2005. Vol. 4. № 2. P. 97–112.
12. Stevenson J.S., Phatak A.P. Inseminations at estrus induced dy presynchroization defore application of synchronized estrus and ovulation // Journal of dairy science. 2005. Vol. 88. P. 399–405. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(05)72700-4
13. Попов П.А., Бабунова В.С. Гормональный состав молока продуктивных животных и его безопасность для человека // Российский журнал проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 3(35). С. 313–321. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202003005 EDN: YMCUMR
14. Постовой С.Г. Влияние препаратов простогландина Ф 2-альфа на сократительную функцию матки у коров // Ветеринария. 2007. № 4. С. 36–38. <https://search.rsl.ru/ru/record/01004607539> EDN: HZEILT

15. *Абилов А.И., Ажмяков А.А., Новгородова И.П.* Гормональное состояние быков-производителей после длительного зимнего периода эксплуатации в условиях Удмуртской Республики // *Аграрная наука*. 2021. № 9. Р. 35–40. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-352-9-35-40>

Об авторах:

Белусов Евгений Александрович — кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры биохимии, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85; e-mail: belousovea@mail.ru

ORCID: 0000-0002-4424-5814 SPIN-код: 6554-4467

Новикова Екатерина Олеговна — студент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: novikova490@gmail.com

ORCID: 0009-0001-0710-1723 SPIN-код: 1380-6622

Карасев Михаил Михайлович — кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармакологии, клинической фармакологии и фармации, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Российская Федерация, 302026, г. Орёл, ул. Комсомольская, д. 95; e-mail: mikhailkarasev@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-8321-7528 SPIN-код: 2827-3650

Белусова Ольга Викторовна — кандидат фармацевтических наук, преподаватель медицинского колледжа, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Российская Федерация, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85; e-mail: belousovaov31@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9038-6397 SPIN-код: 1381-8401

Нотина Елена Александровна — кандидат филологических наук, профессор, заведующий кафедрой иностранных языков, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: notina-ea@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-1283-8834 SPIN-код: 5031-6764

Новиков Олег Олегович — доктор фармацевтических наук, профессор, профессор департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: novikov_oo@pfur.ru

ORCID: 0000-0003-3145-6783 SPIN-код: 7695-1263



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-194-201

EDN MENWJL

УДК 636.934.57.087.7

Научная статья / Research article

Оценка эффективности использования общетонизирующей кормовой добавки для норок в условиях промышленного производства

В.Н. Денисенко¹  , П.Н. Абрамов¹ , Н.А. Балакирев¹ ,
А.И. Албулов² , М.А. Фролова² 

¹Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА
имени К.И. Скрябина, г. Москва, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической
промышленности, Московская обл., Российская Федерация
 dvet@yandex.ru

Аннотация. Необходимым условием для работы и развития пушных зверей, а также для получения высококачественного пушно-мехового сырья является сбалансированное по аминокислотам, микро- и макроэлементам, витаминам и другим биологически активным веществам кормление. Анализ аминокислотного профиля основного хозяйственного рациона норок ОАО «Племенной зверосовхоз „Салтыковский“» выявил дефицит в нем эссенциальных аминокислот гистидина, триптофана и треонина при создании общего белка в пределах нормы. Для коррекции белкового метаболизма в рацион норок был включен гидролизат из тушек соболя и норки после технологической эвтаназии животных и снятия шкурки. Гидролизат стерильный, не обладает пирогенностью, острой и хронической токсичностью, не вызывает аллергических реакций, содержит 18 аминокислот, в т.ч. 10 незаменимых, 6 макроэлементов (Са, Na, S, Mg, K, P) и 18 микроэлементов. Научно-хозяйственный опыт проведен комиссионно на базе ОАО «Племенной зверосовхоз „Салтыковский“» на стандартных норках дикого тела 3-х месячного возраста, из которых было сформировано 1 контрольная и 2 опытные группы по 120 голов в каждой (по 60 самцов и 60 самок). Результаты опыта показали, что кормовая добавка в дозах 2 и 4 мл 15%-го раствора на голову в смеси с кормами хозяйственного рациона один раз в сутки в течение 4 месяцев оказывает общетонизирующее влияние на организм норок.

© Денисенко В.Н., Абрамов П.Н., Балакирев Н.А., Албулов А.И., Фролова М.А., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: заменимые и незаменимые аминокислоты, ферментативный гидролиз, аминокислотное питание, полноценные и неполноценные белки, отходы мясной промышленности, отходы рыбной промышленности

Вклад авторов: Денисенко В.Н. — концепция и дизайн исследования; Абрамов П.Н. — сбор и обработка материалов, написания статьи; Балакирев Н.А. — концепция и дизайн исследования; Албулов А.И. — концепция, анализ полученных данных; Фролова М.А. — анализ полученных данных, редактирование статьи. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 19 февраля 2025 г., принята к публикации 17 марта 2025 г.

Для цитирования: Денисенко В.Н., Абрамов П.Н., Балакирев Н.А., Албулов А.И., Фролова М.А. Оценка эффективности использования общетонизирующей кормовой добавки для норок в условиях промышленного производства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 194–201. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-194-201 EDN: MENWJL

Evaluation of the effectiveness of a general tonic feed additive for minks under industrial production conditions

Viktor N. Denisenko¹  , Pavel N. Abramov¹ , Nikolay A. Balakirev¹ ,
Alexey I. Albulov² , Marina A. Frolova² 

¹Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, Moscow, Russian Federation

²All-Russian Research and Technological Institute of Biological Industry (VNITIBP), Moscow Region, Russian Federation

 dvet@yandex.ru

Abstract. Feeding balanced in amino acids, micro and macro elements, vitamins and other biologically active substances is a necessary condition for the productivity and development of fur animals, as well as for obtaining high-quality fur raw materials. Analysis of the amino acid profile of the main productive diet of the mink at JSC Fur Farm “Saltykovsky” revealed a deficiency of the essential amino acids: histidine, tryptophan and threonine, when maintaining a total protein within the normal range. To correct protein metabolism, a hydrolysate from sable and mink carcasses after technological euthanasia and skinning was included in the diet of minks. The hydrolysate is sterile, does not have pyrogenicity, acute and chronic toxicity, does not cause allergic reactions, contains 18 amino acids, including 10 essential, 6 macronutrients (Ca, Na, S, Mg, K, P) and 18 trace elements. A scientific and economic experiment was carried out by a commission on the basis of JSC Fur Farm “Saltykovsky” on standard wild mink 3 months of age, of which 1 control and 2 experimental groups of 120 animals each (60 males and 60 females) were formed. The results of the experiment showed that the feed additive in doses of 2 and 4 ml of a 15% solution per capita mixed with feed of the productive diet once a day for 4 months has a tonic effect on the mink organism.

Keywords: essential and non-essential amino acids, enzymatic hydrolysis, amino acid nutrition, complete and incomplete proteins, meat industry waste, fish industry waste

Author contribution: Denisenko V.N. — concept and design of the study; Abramov P.N. — collection and processing of materials, writing an article; Balakirev N.A. — concept and design of the study; Albulov A.I. — concept, analysis of the obtained data; Frolova M.A. — analysis of the obtained data, editing the article. All authors reviewed the final version of the manuscript and approved it.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

Article history: received 19 February 2025; accepted 17 March 2025.

For citation: Denisenko VN, Abramov PN, Balakirev NA, Albulov AI, Frolova MA. Evaluation of the effectiveness of a general tonic feed additive for minks under industrial production conditions. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):194–201. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-194-201 EDN: MENWJL

Введение

Сбалансированное по аминокислотам, микро- и макроэлементам, витаминам и другим биологически активным веществам кормление, как известно, является необходимым условием для роста и развития пушных зверей, а также для получения высококачественного пушно-мехового сырья [1].

Основу рациона пушных зверей клеточного содержания составляют отходы мясной и рыбной промышленности. Для кормления животных используют субпродукты: селезенку, рубец, сычуг, пищевод, диафрагму, трахею, хвостовой отдел позвоночника, уши и губы продуктивных животных, а также головы и внутренности рыб. Используют некондиционное, непригодное для пищевых целей мясо [2].

Проведенный нами [3] анализ аминокислотного профиля основного хозяйственного рациона норок в ОАО «Племенной зверосовхоз „Салтыковский“» выявил дефицит в нем эссенциальных незаменимых аминокислот: гистидина, триптофана и треонина — при содержании общего белка в пределах нормы.

Для коррекции белкового метаболизма в рацион животных включают корма, содержащие полноценные белки животного происхождения или их гидролизаты [4–6]. Более эффективным является применение ферментных гидролизатов, так как они не требуют энергетических затрат организма на переваривание корма и не зависят от функционального состояния органов пищеварительного аппарата [7, 8].

Однако пищевые продукты животного происхождения и химически чистые протеолитические ферменты, которые используются при ферментном гидролизе, имеют высокую себестоимость, поэтому их использование для получения кормовой добавки в производственных условиях экономически нецелесообразно.

Мы разработали оригинальный метод получения относительно дешевого гидролизата из тушек соболя и норки после технологической эвтаназии животных и снятия шкурки. При этом источник протеолитических ферментов — поджелудочная железа свиньи [4, 9, 10].

Цель исследования — изучение применения ферментного гидролизата тушек норок в качестве общетонизирующей кормовой добавки в условиях звероводческого хозяйства.

Материалы и методы исследования

При проведении экспериментов на животных использовали гидролизат из тушек норки, изготовленный ООО «Биопрогресс» в соответствии с ТУ 91-86-036-117-341-26-17 и технологическим регламентом Таможенного Союза (ТР ТС 029) 2012. Он представляет собой порошок желто-кремового цвета с массовой долей аминного азота 6,9 %, имеющий влажность 5,0 %, рН — 6,4. Гидролизат стерильный [11], не обладает пирогенностью, острой и хронической токсичностью [12, 13], не вызывает аллергических реакций [14].

Гидролизат содержит 18 аминокислот, в т. ч. 10 незаменимых: аргинин (4,5 %), валин (3,72 %), гистидин (1,85 %), изолейцин (2,75 %), лейцин (5,4 %), лизин (5,35 %), метионин (1,5 %), треонин (3,1 %), триптофан (1,2 %), фенилаланин (2,7 %).

Кроме аминокислот в составе препарата присутствует 6 макроэлементов (Ca, Na, S, Mg, K, P) и 18 микроэлементов (I, Ca, Fe, Zn, Al и др.).

Научно-хозяйственный опыт проводили комиссионно на базе ОАО «Племенной зверосовхоз „Салтыковский“» на стандартных норках дикого типа.

При организации и проведении эксперимента руководствовались «Рекомендациями по применению 15% белкового гидролизата», одобренными и утвержденными методической комиссией секции зоотехнии и ветеринарии ОСХН РАН [15].

Для исследований были сформированы 3 группы щенков норок 3-месячного возраста, каждая группа состояла из 120 голов, 60 самцов и 60 самок. Первая группа норок была контрольной и получала хозяйственный рацион. Животным 2- и 3-й подопытных групп один раз в сутки в базовый рацион добавляли 15% раствор гидролизата тушек норок из расчета 2 и 4 мл на голову соответственно. Препарат применяли до плановой эвтаназии животных.

После завершения эксперимента у животных для исследований отбирали пробы крови из кончика хвоста непосредственно перед эвтаназией и образцы кожи из области груди после убоя.

Морфологические и биохимические исследования крови проводили при помощи гематологического анализатора Mindray BC-2800 Vet и автоматического биохимического анализатора BioSystems BA-200.

Образцы кожи фиксировали в 10%-м забуференном растворе нейтрального формалина. Гистопрепараты получали на микротоме Leica SM2000R и окрашивали гематоксилином и эозином. Гистологическую картину изучали с использованием микроскопа Carl Zeiss AxioScope.

Оценивали динамику массы тела животных контрольной и подопытных групп, гематологические, биохимические показатели и толщину отдельных слоев дермы.

Результаты исследования и обсуждение

Показатели подопытных и контрольных животных отражены в таблице.

Результаты скармливания нормам дикого типа 15%-го раствора общетонизирующей кормовой добавки в смеси с кормами базового рациона на прирост массы тела, лейкограмму, гематологические и биохимические показатели крови и толщину сосочкового и сетчатого слоя дермы

№ /п	Показатели	Норма (Берестов В.А., 2002 г.)	Контроль $n = 120$ группа 1	Опыт	
				Группа 2 $n = 120$	Группа 3 $n = 120$
1	Прирост массы тела, кг (%), за 4 месяца		$1,37 \pm 0,26$ (100)	$1,42 \pm 0,17$ (103,6)	$1,51 \pm 0,17$ (110,2)
Гематологические показатели:					
2	Эритроциты, $10^{17}/л$	$8,7 \pm 0,6$	$7,8 \pm 0,7$	$8,7 \pm 0,8$	$8,4 \pm 0,4$
	Гемоглобин, г/л	180 ± 18	$132,0 \pm 18,5$	$141,0 \pm 25,1$	$139,6 \pm 23,0$
	Лейкоциты, $10^9/л$	$5,7 \pm 1,4$	$5,8 \pm 0,4$	$8,8 \pm 0,3$	$9,2 \pm 0,2^*$
	СОЭ	–	$1,9 \pm 0,4$	$0,95 \pm 0,2^*$	$0,92 \pm 0,1^*$
Лейкограмма:					
3	Эозинофилы, %	0...10	$2,7 \pm 1,2$	$2,6 \pm 1,3$	$3,1 \pm 1,1$
	$10^9/л$		$0,25 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,11$	$0,33 \pm 0,2$
	Палочкоядерные нейтрофилы, %	1...12	$2,4 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,3^*$
	$10^9/л$		$0,23 \pm 0,2$	$0,24 \pm 0,1$	$0,33 \pm 0,2$
	Сегментоядерные нейтрофилы, %	20...74	$60,5 \pm 2,3$	$40,1 \pm 2,2^*$	$41,1 \pm 3,3^*$
	$10^9/л$		$3,5 \pm 0,7$	$3,59 \pm 0,8$	$3,9 \pm 1,4$
	Моноциты, %	0...6	$3,1 \pm 1,4$	$3,8 \pm 1,8$	$3,6 \pm 1,8$
	$10^9/л$		$0,26 \pm 0,2$	$0,33 \pm 0,1$	$0,33 \pm 0,2$
	Лимфоциты, %	19...82	$30,3 \pm 4,1$	$50,0 \pm 4,3^*$	$48,0 \pm 4,4^*$
	$10^9/л$		$1,9 \pm 0,5$	$4,4 \pm 0,5^*$	$4,4 \pm 0,6^*$
Биохимические показатели:					
4	Общий белок, г/л		$74,6 \pm 21,0$	$130,0 \pm 14,8^*$	$105,2 \pm 18,6^*$
	Глюкоза, ммоль/л		$7,2 \pm 0,8$	$6,4 \pm 1,4$	$6,9 \pm 1,8$
Толщина слоев основы кожи:					
5	Сосочковый слой, мкм		$423,6 \pm 15,1$	$645,4 \pm 16,8^*$	$748,8 \pm 21,7^*$
	Сетчатый слой, мкм		$890,6 \pm 20,6$	$900,5 \pm 18,5$	$950,1 \pm 19,8$

Примечание. * Достоверность разницы относительно контрольной группы ($p \leq 0,05$).

Источник: выполнено В.Н. Денисенко, П.Н. Абрамовым, Н.А. Балакиревым, А.И. Албуловым, М.А. Фроловой.

Приведенные данные (см. табл.) свидетельствуют об увеличении прироста массы тела животных 2- и 3-й подопытных групп на 3,6 и 10,2 % в сравнении с контролем.

Гематологические показатели подопытных животных характеризуются достоверным повышением уровней лейкоцитов и снижением СОЭ. У животных 3-й

подопытной группы отмечается достоверное снижение сегментоядерных и повышение содержания палочкоядерных нейтрофилов.

В лейкограмме обеих подопытных групп установлено статистически достоверное повышение относительного и абсолютного уровней лимфоцитов.

Отмечено достоверное повышение концентрации общего белка в сыворотке крови у подопытных животных.

У подопытных норок выявлено достоверное увеличение толщины сосочкового слоя дермы, достоверных изменений микрометрических показателей сетчатого слоя не отмечено.

В условиях производства изучено влияние новой кормовой добавки на организм молодняка норок, получавших несбалансированный по эссенциальным незаменимым аминокислотам: гистидину, триптофану, треонину — хозяйственный рацион.

Кормовая добавка получена путем ферментного гидролиза отходов звероводства — тушек норок — с использованием в качестве источника литических ферментов поджелудочной железы.

Она содержит все заменимые и незаменимые аминокислоты, а также макро- и микроэлементы. Кормовая добавка безвредна для животных и имеет невысокую себестоимость, что определяет экономическую целесообразность ее использования в звероводческих хозяйствах.

После скармливания 15%-го раствора кормовой добавки в смеси с кормами базового рациона в течение 4 месяцев в дозах 2 и 4 мл на голову, один раз в сутки у подопытных животных отмечено увеличение прироста массы тела и уровней общего белка в сыворотке крови.

Содержащиеся в кормовой добавке лимитирующие аминокислоты ассимилируются организмом животных и участвуют в синтезе белков [3, 7], их метаболиты являются катализаторами обменных процессов.

Гистидин необходим для синтеза клеток крови, в т.ч. лимфоцитов.

Метаболиты триптофана принимают участие в обмене нуклеиновых кислот, синтезе серотонина, образовании пищеварительных ферментов.

Производные треонина являются предшественниками адреналина и гормонов щитовидной железы — тироксина и трийодтиронина.

В лейкограмме отмечено достоверное, но не превышающее физиологические пределы, увеличение относительного содержания палочкоядерных и снижение сегментоядерных нейтрофилов. Увеличение процентного содержания молодых форм нейтрофилов указывает на преобладание у подопытных животных регенеративных процессов над дегенеративными.

У подопытных норок выявлено достоверное, в пределах физиологических колебаний, повышение абсолютного и относительного содержания лимфоцитов.

Лимфоидные клетки являются морфологической основой иммунной системы [6], поэтому полученные результаты убедительно свидетельствуют о повышении иммунной реактивности у подопытных животных.

При гистологических исследованиях срезов кожи у подопытных животных установлено увеличение толщины ее дермы за счет сосочкового (трофического)

слоя. В сосочковом слое расположены сплетения лимфатических и крупнопетлистых кровеносных сосудов. Увеличение толщины кожи, а следовательно, повышение ее технологических свойств, у подопытных норок связано с улучшением трофики.

Заключение

Результаты изучения влияния аминокислотно-минеральной кормовой добавки, полученной путем ферментного гидролиза тушек норок на организм щенков норок в условиях звероводческого хозяйства, позволяют сделать следующие выводы.

1. Кормовая добавка в дозах 2 и 4 мл 15%-го раствора на голову в смеси с кормами хозяйственного рациона один раз в сутки в течение 4 месяцев оказывает общетонизирующее влияние на организм норок.
2. Добавка стимулирует синтез белка, рост и развитие животных.
3. Активизирует регенеративную активность нейтрофилов и общую иммунную реактивность организма.

Список литературы

1. Алиев А.А., Барей В., Бартко П. и др. Профилактика нарушений обмена веществ у сельскохозяйственных животных / пер. К.С. Богданов, Г.А. Терентьева ; под ред. и предисл. А.А. Ашева. М. : Агропромиздат, 1986. 384 с.
2. Бердудина А.В. Разработка технологии белковых гидролизатов из вторичного сырья мясной промышленности : автореф. дис. ... канд. тех. наук. М., 2000. 24 с. EDN: STLFOQ
3. Абрамов П.Н., Слесаренко Н.А., Полябин С.В., Денисенко В.Н., Борунова С.М. Белковые гидролизаты в профилактике метаболических нарушений у пушных зверей: монография. М. : ЗооВетКнига, 2022. 183 с. doi: 10.18720/SPBPU/2/z22-12 EDN: VMANKD
4. Мовсум-Заде К.К. Гидролизаты белка в ветеринарии. Петрозаводск : Карелия, 1989. 156 с.
5. Момотюк Е.А. Применение белкового гидролизата из мышечной ткани норок в соболеводстве и его влияние на рост, размер и качество шкурки молодняка соболя : дисс. ... канд. сельскохозяйств. наук. М., 2017. 28 с.
6. Карпуть И.М. Гематологический атлас сельскохозяйственных животных. Минск : Ураджай, 1968. 183 с. EDN: ZDLGBN
7. Zhangli В.М. Physiological importance and mechanisms of protein hydrolysate absorption // *Matthews Protein hydrolysates in biotechnology*. New York : Springer Science, 2010. P. 135–177. doi: 10.1007/978-1-4020-6674-0_9
8. Dalev P., Simenova P. Enzyme hydrolysates for nutrition from slaughter blood and soya proteins // *Biotechnology and Biotechnological Equipment*. 1994. Vol. 8. № 2. P. 42–45. doi: 10.1080/13102818.1994.10818770
9. Албулов А.И., Денисенко В.Н., Самуйленко А.Я., Рогов Р.В., Абрамов П.Н. и др. Способ получения белкового гидролизата из мясного или мясокостного сырья тушек норок для парентерального питания. Патент на изобретение № 2546252 от 02 марта 2015 г. М., 2016. EDN: ZLZJGP
10. Максимова Е.М. Разработка технологии утилизации белковых отходов методом ферментативного гидролиза // *Вестник МГТУ*. 2006. Т. 9. № 5. С. 875–876.
11. Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н., Бердудина А.В. Получение и очистка белковых гидролизатов (обзор) // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2000. Т. 36. № 4. С. 162–164. EDN: MPERZV
12. Филатов А.Н., Чапльгина З.А., Денн М.Е. Белковые гидролизаты. Л., 1968. 184 с.
13. Фролова М.А., Самуйленко А.Я., Албулов А.И., Денисенко В.Н., Абрамов П.Н., Рогов Р.В. Получение опытно-промышленной партии белкового гидролизата из тушек норок и изучение ее токсичности // *Известие Самарского научного центра РАН*. 2011. Т. 13. № 5. С. 207–209.
14. Телишевская Л.Я. Белковые гидролизаты: получение, состав, применение: монография. М. : Аграрная наука, 2000. 60 с. EDN: QDRWJR

Об авторах:

Денисенко Виктор Николаевич — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: dvet@yandex.ru

ORCID: 0009-0006-7786-9355 SPIN-код: 9585–9989

Абрамов Павел Николаевич — доктор ветеринарных наук, профессор кафедры диагностики болезней, терапии, акушерства и репродукции животных, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: abramov_P@inbox.ru

ORCID: 0000-0002-6137-0414 SPIN-код: 3170–6742

Балакирев Николай Александрович — доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой частной зоотехнии, академик РАН, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии — МВА имени К.И. Скрябина, Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23, e-mail: sci@mgavm.ru

ORCID: 0000-0003-4325-9904 SPIN-код: 4264-2800

Албулов Алексей Иванович — доктор биологических наук, заведующий лабораторией биологически активных веществ, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности (ВНИТИБП), Российская Федерация, 141142, Московская область, г.о. Лосино-Петровский, пос. Биокомбината, стр. 17, корп. 1, e-mail: info@bioprogress.ru

ORCID: 0000-0001-7914-4397 SPIN-код: 1460-0060

Фролова Марина Алексеевна — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории получения биологически активных веществ, Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности (ВНИТИБП), Российская Федерация, 141142, Московская область, г.о. Лосино-Петровский, пос. Биокомбината, стр. 17, корп. 1, e-mail: info@bioprogress.ru

ORCID: 0000-0001-7252-1110 SPIN-код: 2453-6983



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-202-213

EDN MKCXUW

УДК 636.09

Обзорная статья / Review article

Анализ рынка ветеринарных лекарственных препаратов для собак

А.Г. Колычева¹  , А.А. Руденко² , М.И. Шопинская¹ ¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация²Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), г. Москва, Российская Федерация 1142240374@pfur.ru

Аннотация. В рамках исследования рассмотрены лекарственные препараты, предназначенные для собак. Согласно статистике Всероссийского центра изучения общественного мнения¹, каждая третья семья в России имеет собаку. В связи с этим поддержание здоровья собак приобретает большое значение как с психологической, так и с социальной точки зрения. Текущее состояние российского рынка ветеринарных препаратов характеризуется сокращением числа зарубежных поставщиков. Так, в 2017 г. в России насчитывалось 867 ветеринарных препаратов зарубежного производства, из них осталось около 180 наименований, но и они имеют тенденцию к сокращению. Доли препаратов иностранного и российского производства на российском рынке примерно равны, что свидетельствует о большой зависимости от зарубежных поставщиков. При этом многие ветеринарные врачи предпочитают использовать лекарственные препараты зарубежного производства как наиболее эффективные и безопасные. Но на российском рынке за последнее время появляются лекарственные препараты российского производства, соответствующие по качеству зарубежным аналогам. Сегодня они должны составлять основу импортозамещения. Первоочередными на импортозамещение должны стать препараты для лечения наиболее распространенных и смертельно опасных заболеваний собак, перечень которых установлен национальным стандартом Российской Федерации (ГОСТ Р 70040–2022)². Из данного перечня выявлены 35 наиболее часто встречаемых в практике заболеваний по 10 органам и системам собак. При отборе лекарственных препаратов по их фармакотерапевтическому действию использована разработанная авторами ранее методика балльной оценки качества лекарственных средств. В результате отобраны 353 препарата, в т. ч. 178 зарубежного и 175 российского производства. Исследуя происхождение лекарственных препаратов установлено, что поставки зарубежных препаратов осуществляют 34 иностранных государства, в т. ч. 8 дружественных и 26 недружественных. При этом из недружественных стран поставляется 148 наименований препаратов, а из дружественных — всего 30. Существующая тенденция сокращения поставок из недружественных стран создает для России угрозу дефицита лекарственных препаратов.

© Колычева А.Г., Руденко А.А., Шопинская М.И., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

¹ Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ). Режим доступа: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/publichnaja-zhizn-domashnikh-zhivotnykh> (дата обращения: 29.06.2025).

² ГОСТ Р 70040–2022. Национальный стандарт Российской Федерации «Классификация болезней животных семейств псовых и кошачьих». М., 2022.

Ключевые слова: собаки, ветеринарные препараты, импортозамещение, качество лекарственных средств, система оценки качества

Вклад авторов: Кольчева А.Г. — внесла существенный вклад в написание статьи, собрала и проанализировала информацию, интерпретировала результаты исследования; Шопинская М.И. — принимала участие в составлении литературного обзора, работа над таблицами и рисунками; Руденко А.А. — разработка концепции научного исследования, корректура текста публикации.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 4 февраля 2025 г., принята к публикации 7 марта 2025 г.

Для цитирования: Кольчева А.Г., Руденко А.А., Шопинская М.И. Анализ рынка ветеринарных лекарственных препаратов для собак // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 202–213. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-202-213 EDN: MKCXUW

Market analysis of veterinary medicines for dogs

Anastasiia G. Kolycheva¹✉, Andrey A. Rudenko²,
Marina I. Shopinskaya¹

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²BIOTECH University, Moscow, Russian Federation

✉ 1142240374@pfur.ru

Abstract. Medicinal products intended for dogs were studied. According to the statistics of the All-Russian Public Opinion Research Center³, every third family in Russia has a dog. In this regard, maintaining the health of dogs is of great importance both from a psychological and social perspective. The current state of the Russian veterinary market is characterized by a reduction in the number of foreign suppliers. For example, in 2017, there were 867 veterinary drugs of foreign origin in Russia, of which approximately 180 items remained in market, but this number tend to decrease. The shares of foreign and Russian drugs presented in the Russian market are approximately equal, which indicates a great dependence on foreign suppliers. At the same time, many veterinarians prefer to use foreign drugs as the most effective and safe. However, Russian drugs recently appear in the Russian market are corresponding in quality to foreign analogues. Nowadays, they should form the basis for import substitution. The priority for import substitution should be drugs for the treatment of the most common and deadly diseases of dogs, the list of which is established by the national standard of the Russian Federation (GOST R 70040–2022)⁴. According to the list, 35 of the most common diseases in practice were identified for 10 organs and systems of dogs. The method of grading the medicinal products quality previously developed by the authors was used to select medicinal products by a treatment way. As a result, 353 drugs were selected, including 178 foreign and 175 Russian products. It was established that the supply of foreign drugs by the origin of medicines comprises 34 foreign countries, including 8 friendly

³ Russian Public Opinion Research Center (VCIOM). URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/publichnaja-zhizn-domashnikh-zhivotnykh> (date of access: 29.06.2025)

⁴ GOST R 70040–2022. National Standard of the Russian Federation "Classification of animal diseases of the canine and feline families". Moscow, 2022.

and 26 unfriendly. At the same time, 148 drugs are supplied from unfriendly countries, and only 30 from friendly ones. The current trend of reducing supplies from unfriendly countries poses a threat of a shortage of medicines to Russia.

Keywords: dogs, veterinary drugs, import substitution, quality of medicines, quality assessment system

Author contribution: Kolycheva A.G. — made a significant contribution to the writing of the article, collected and analyzed information, interpreted the results of the study; Shopinskaya M.I. — participated in the preparation of the literature review, work on tables and figures; Rudenko A.A. — development of the concept of scientific research, proofreading the text of the publication.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interests.

Article history: received 4 February 2025, accepted 7 March 2025.

For citation: Kolycheva AG, Rudenko AA, Shopinskaya MI. Market analysis of veterinary medicines for dogs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):202–213. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-202-213 EDN: MKCXUW

Введение

В связи с санкционной политикой недружественных государств наша страна остро ощущает нехватку зарубежных ветеринарных лекарственных средств: с весны 2022 г. поставки препаратов резко сократились. Так, из 847 наименований, допущенных Россельхознадзором в 2017 г., для реализации на российском рынке осталось около 180, но и они имеют тенденцию к сокращению [1]. Замена зарубежных лекарственных препаратов на аналогичные по действию и более совершенные является важной задачей ветеринарной науки. Для решения этой задачи необходимо правильно оценить качество препаратов иностранных производителей и сопоставить эти показатели с российскими аналогами [2, 3]. Это позволит установить перечень российских препаратов, которые соответствуют мировому уровню, определить требуемые объемы их производства; выявить «белые пятна» в обеспечении собак лекарственными препаратами⁵.

Нехватка зарубежных ветеринарных лечебных препаратов подстегнула рост собственного производства. Так, объем рынка российских препаратов в 2023 г. увеличился на 25 % и составил 76,2 млрд р., что в 1,5 раза больше, чем годом ранее. С 2021 по 2024 г. в России зарегистрировано 218 новых ветеринарных препаратов [4, 5]. Однако, не все препараты дотягивают до мирового уровня качества. Есть случаи отзыва с рынка новых препаратов [6]. Одна из причин появления некачественной продукции — решение об ускоренной регистрации лекарственных средств, установленной Федеральным Законом от 28 апреля 2023 г. № 171-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об обращении лекарственных средств“»⁶.

⁵ Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения РФ. Режим доступа: <https://galen.vetr.f.ru> (дата обращения: 30.01.2025).

⁶ Федеральный закон «О внесении изменений в Федеральный закон „Об обращении лекарственных средств“» от 28.04.2023 № 171-ФЗ (последняя редакция).

По сути же процесс импортозамещения уже запущен. Его основа в выпуске лекарств, удовлетворяющих наиболее насущные потребности рынка.

Многообразие лекарственных препаратов (около 2500 наименований) российского и зарубежного производства ставит перед ветеринарными врачами проблему выбора⁷. Чаще ветеринарные врачи рекомендуют зарубежные препараты, но они в разы дороже российских и могут оказаться «не по карману» владельцам животных. Для назначения лекарственного препарата по принципу «цена — качество» ветеринарных врачей и владельцев собак необходимо вооружить соответствующей информацией. На сегодняшний день такая информация в системном виде отсутствует [7, 8].

Цель исследования — определение номенклатуры российских ветеринарных лекарственных препаратов для собак, соответствующие мировому уровню качества для импортозамещения аналогов иностранного производства.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили с 2023 г. на базе клиники «Ветполис» (г. Москва) и департамента ветеринарной медицины РУДН. К сбору статистической информации путем анкетирования привлекали другие ветеринарные учреждения и высшие учебные заведения страны.

Обработку статистических данных осуществляли с применением математического аппарата теории ранжирования [9].

Изучены научные труды библиотеки РУДН, статьи из научных журналов и сборников с 2021 по 2025 г., в которых рассматривались вопросы определения качества и импортозамещения ветеринарных препаратов. Использованы методы синтеза, анализа, обобщения, априорного ранжирования.

Результаты исследования и обсуждение

Выбор лекарств для собак из всей совокупности ветеринарных лекарственных препаратов (около 2500 наименований) основан на необходимости лечения наиболее распространенных заболеваний, перечень которых установлен национальным стандартом Российской Федерации (ГОСТ Р 70040–2022)⁸ и уточнен путем статистической обработки журнала регистрации приема животных клиники «Ветполис». В результате выявлены 35 заболеваний по 10 органам и системам собак, с которыми наиболее часто владельцы обращаются в ветеринарную клинику (табл. 1).

⁷ Перечень основных лекарственных средств для кошек и собак // Всемирная ассоциация ветеринарных врачей мелких животных (WSAVA). 2020. С. 24. URL: <https://wsava.org/wp-content/uploads/2021/09/WSAVA-List-of-Essential-Medicines-for-Cats-and-Dogs-Russian.pdf> (дата обращения: 28.01.2025).

⁸ ГОСТ Р 70040–2022. Национальный стандарт Российской Федерации «Классификация болезней животных семейств псовых и кошачьих». М., 2022.

Таблица 1

Наиболее распространенные заболевания собак

№ п/п	Органы и системы	Заболевания	Частота проявления, %
1	Болезни сердца	1.1. Аритмия 1.2. Сердечная недостаточность 1.3. Сердечно-сосудистые 1.4. Паразитарные заболевания сердца (дирофиляриоз, ангиостронгилоз)	8
2	Болезни органов дыхания	2.1. Ринит 2.2. Ларингит 2.3. Бронхит 2.4. Пневмония	5
3	Дерматологические заболевания	3.1. Бактериальные болезни 3.2. Грибковые болезни 3.3. Паразитарные болезни 3.4. Болезни кожи, вызванные гиперчувствительностью 3.5. Аутоиммунные и иммунообусловленные болезни	10
4	Инфекционные заболевания	4.1. Бешенство 4.2. Чума плотоядных 4.3. Парагрипп («вольерный кашель») 4.4. Лептоспироз 4.5. Бордетеллез	5
5	Заболевания слухового аппарата	5.1. Поражение слухового прохода клещами и паразитами 5.2. Аллергический отит 5.3. Бактериальный отит 5.4. Грибковый отит	9
6	Заболевания пищеварительного тракта	6.1. Заболевания ротовой полости 6.2. Заболевания желудка и поджелудочной железы 6.3. Заболевания кишечника 6.4. Анальные и перианальные заболевания	15
7	Заболевания печени и желчевыводящих путей	7.1. Гепатозы 7.2. Холецистит	8
8	Заболевания почек и мочевых путей	8.1. Цистит 8.2. Мочекаменная болезнь, уролитиаз 8.3. Хроническая почечная недостаточность (ХПН)	15
9	Эндокринные заболевания	9.1. Сахарный диабет 9.2. Гипо- и гипертиреоз	7
10	Онкологические заболевания	10.1. Карцинома 10.2. Саркома	18

Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

Как следует из табл. 1, наиболее часто в ветеринарные клиники обращаются владельцы с собаками, больными онкологическими заболеваниями (18 %), заболеваниями пищевого тракта (15 %), почек и мочевых путей (15 %).

Перечень наиболее распространенных заболеваний, установленный на основании данных табл. 1, принят в качестве классификатора лекарственных препаратов для их лечения. Так, из 847 наименований ветеринарных лекарственных препара-

ратов для домашних животных, разрешенных Россельхознадзором, для дальнейшего рассмотрения отобраны 353 препарата: 178 зарубежного и 175 российского производства. Количество препаратов зарубежного и российского производства примерно равное. Это свидетельствует о большой зависимости (50 %) российского рынка ветеринарных лекарств от зарубежных поставщиков.

Распределение поставщиков по странам-производителям зарубежных лекарств приведено в табл. 2.

Таблица 2

Страны-производители зарубежных лекарств

№ п/п	Страна-производитель	Количество препаратов, ед.
1	Португалия	2
2	Италия	17
3	Индия	9
4	Китай	3
5	Франция	20
6	Латвия	6
7	Нидерланды	11
8	Венгрия	3
9	Швеция	2
10	Великобритания	4
11	Израиль	2
12	Хорватия	2
13	Германия	27
14	Испания	4
15	ОАЭ	1
16	Словения	6
17	Турция	2
18	США	7
19	Беларусь	4
20	Украина	3
21	Польша	3
22	Австрия	3
23	Финляндия	3
24	Швейцария	1
25	Сербия	2
26	Черногория	1
27	Чехия	3
28	Румыния	4
29	Канада	1
30	Ирландия	2
31	Мексика	1
32	Греция	1
33	Болгария	2
34	Бельгия	2
Всего	34	178

Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

Поставки ветеринарных лекарственных препаратов в Россию осуществляют 34 иностранных государства. Наиболее активными поставщиками препаратов выступают Германия (27 наименований), Франция (20), Италия (17), Нидерланды (11). Наименьшее количество препаратов поступает из Мексики, Греции, Канады, Черногории, Швейцарии, ОАЭ (по одному наименованию). Зарубежные поставщики могут быть из дружественных и недружественных стран (рис. 1).



Рис. 1. Страны и количество препаратов зарубежных производителей
 Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

Восемь дружественных стран (Черногория, Беларусь, Китай, Индия, Словения, Сербия, Хорватия, ОАЭ) поставляют в Россию всего 30 наименований лекарственных препаратов. Абсолютное большинство поставок — 148 — приходится на 26 недружественных стран, т.е. в 5 раз больше, чем из дружественных. Тенденция к сокращению присутствия поставщиков из недружественных стран создает для российского рынка угрозу дефицита отдельных видов лекарств [10, 11].

Распределение количества зарубежных и российских лекарственных препаратов относительно лечения заболеваний систем и органов собак приведено на рис. 2 и 3.

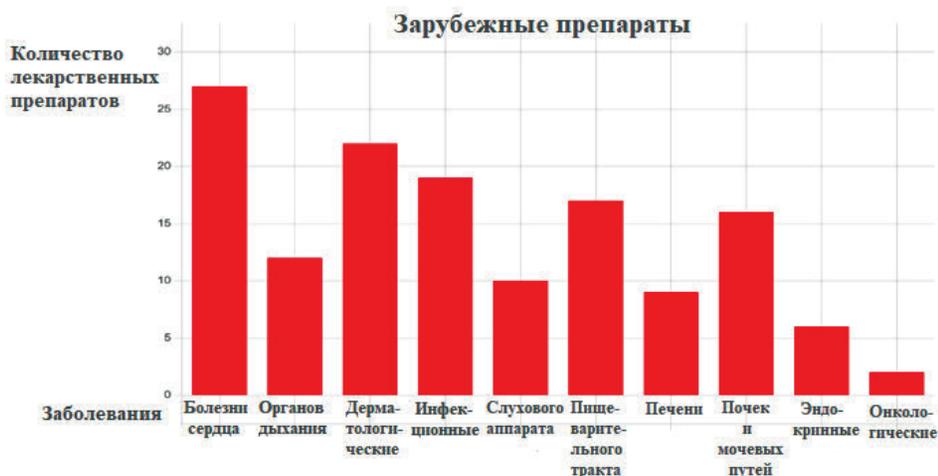


Рис. 2. Зарубежные лечебные препараты для лечения заболеваний систем и органов собак
 Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

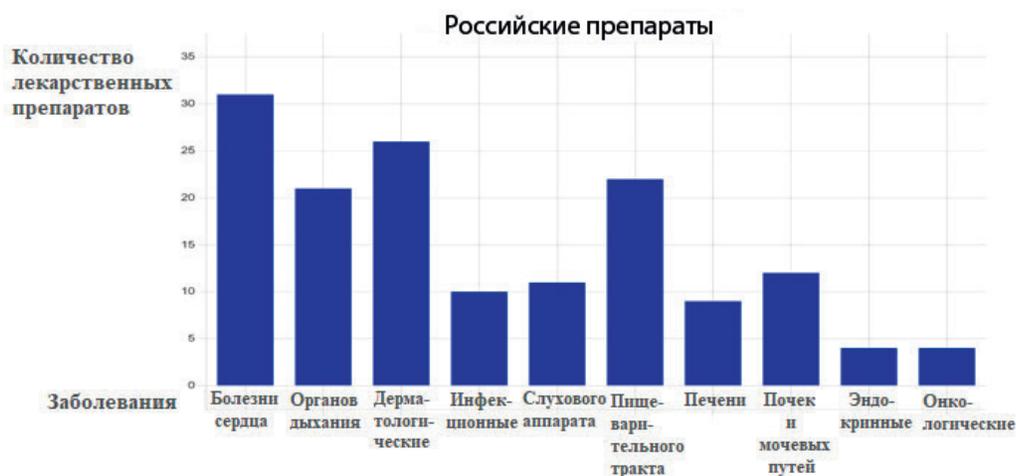


Рис. 3. Российские лечебные препараты для лечения заболеваний систем и органов собак
 Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

По большинству заболеваний существует некий паритет зарубежных и российских лекарственных препаратов (см. рис. 2 и 3). Наибольшее количество препаратов созданы для лечения заболеваний сердца (29 зарубежных и 31 российских), пищеварительного тракта (соответственно 22 и 26), дерматологических заболеваний (22 и 26), почек и мочевых путей (16 и 12). Совершенно недостаточно препаратов для лечения эндокринных и онкологических заболеваний. Практически по каждому заболеванию количество российских лекарственных препаратов позволяет заместить зарубежные аналоги. Но обеспечит ли такая замена сохранение качества лечебного процесса, хватит ли объемов российского производства для покрытия потребностей в лекарствах?

Широкий ассортимент лекарственных средств, производимых как на территории Российской Федерации, так и за ее пределами, ставит перед ветеринарными специалистами задачу квалифицированного выбора. В процессе принятия решений необходимо учитывать множество факторов, включая собственные профессиональные компетенции, клинические наблюдения, наставления по использованию лекарственных средств, а также сведения, полученные из открытых источников информации, таких как специализированная литература, научные публикации и справочные материалы.

Для рынка лекарственных препаратов характерны значительные колебания цены, которые для различных препаратов одного назначения (терапевтически эквивалентных) могут колебаться от десятков до нескольких тысяч рублей. Например, препарат для лечения сердечной недостаточности Ветмедин стоит около 4000 р., а Пимокардин — всего 2000 р. [12, 13]. Хотя цена и имеет значение, но при выборе препарата она должна играть второстепенную роль.

Задача выбора осложняется постоянно меняющимся ассортиментом лекарственных препаратов. С одной стороны, государство, стремясь решить проблему импортозамещения после ухода с рынка некоторых зарубежных производителей,

создало условия для быстрой регистрации новых препаратов и дженериков⁹. С другой стороны, российские производители наращивают объемы производства и продажи собственных ветеринарных лекарственных средств, однако вопросы качества российских препаратов остаются актуальными.

Под качеством ветеринарные специалисты понимают эффективность и безопасность лекарственных препаратов. Эффективность — способность лекарственного препарата оказывать максимально возможное для него положительное влияние на здоровье. Безопасность — это отсутствие риска причинения вреда здоровью, развития нежелательных эффектов. Таким образом, качество лекарственных препаратов является синтезом двух явлений, которые невозможно оценить однозначно через количественные показатели [14, 15]. В науке для изучения подобных явлений используют метод априорного ранжирования [9]. Этот метод позволяет перевести субъективные оценки специалистов (экспертов) путем применения специального механизма обработки в объективную оценку явлений с высокой степенью достоверности.

В ранее опубликованной работе для реализации метода априорного ранжирования разработана специальная методика [16]. В ней оценка качества лекарственных препаратов предусмотрена отдельно по каждому заболеванию собак (см. табл. 1). Качество каждого лекарственного препарата (зарубежного и российского) для лечения конкретного заболевания оценивается по балльной системе, по следующей шкале:

100 — выздоровление полное, побочных явлений не наблюдается;

80 — требуется последующее наблюдение, возможны побочные явления;

60 — выздоровление протекает вяло (более 10–15 дней);

40 — процесс выздоровления выражен слабо, требуется постоянный прием лекарства;

20 — ни выздоровления, ни ухудшения состояния не наблюдается;

0 — негативное действие на состояние здоровья.

В результате обработки данных по этой методике строится гистограмма, дающая наглядное представление об уровне качества каждого препарата из использованных для лечения конкретного заболевания собак. Для примера приведена гистограмма качества 10 препаратов для лечения сердечной недостаточности: 6 зарубежных — Фортекор (Франция), ПимоПет GIGI (Латвия), Вазотоп (Нидерланды), Ветмедин (Венгрия), Кардалис (Франция), АпКард (Франция) и 4 российских — Зоокард, Мекситар, Вазосан, Пимокардин (рис. 4). Подбор указанных препаратов выполнен на основании Государственного реестра лекарственных средств для ветеринарного применения¹⁰, а цены на препараты приняты по среднерыночным значениям

⁹ Приказ от 6 марта 2018 г. № 101 Об утверждении правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71802576/?ysclid=lpi26uxscn977807832> (дата обращения: 31.01.2025).

¹⁰ Государственный реестр лекарственных средств для ветеринарного применения. Режим доступа: <https://fsvps.gov.ru/files/gosudarstvennyj-reestr-lekarstvennyh-sredstv-dlja-veterinarnogo-primeneniya-perechen-lekarstvennyh-preparatov-proshedshih-gosudarstvennuju-registraciju/> (дата обращения: 30.01.2025)

на основании электронного каталога¹¹. На гистограмме зарубежные и российские лекарственные препараты расположены в порядке убывания их уровня качества. Информация о ценах на используемые препараты представлена на гистограмме точками, соединенными прямыми линиями. Совмещенный график (рис. 4) дает исчерпывающую информацию о стоимости и качестве лекарственных препаратов, предназначенных для лечения одного заболевания. Это позволяет ветеринарным врачам и владельцам собак выбрать наиболее подходящий вариант лечения, руководствуясь принципом «цена-качество».

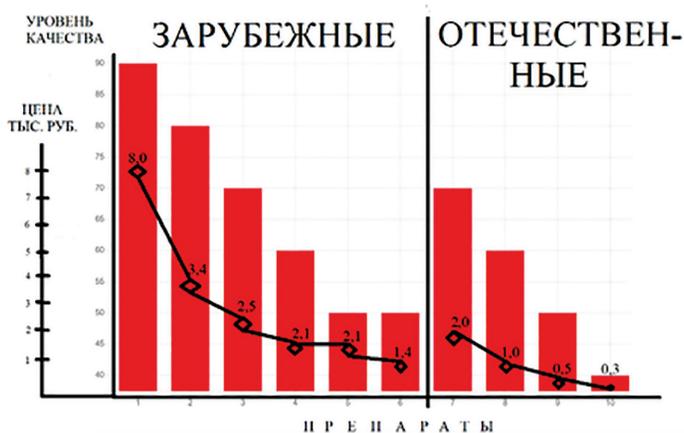


Рис. 4. Лекарственные препараты для лечения сердечной недостаточности. Наименования препаратов: 1 – Ветмедин; 2 – Пимопет GIGI; 3 – Фортекор; 4 – Вазотоп; 5 – Кардалис; 6 – АпКард; 7 – Пимокардин; 8 – Вазосан; 9 – Зоокард; 10 – Мекситар

Источник: составлено А.Г. Колычевой, А.А. Руденко.

Заключение

Снижение доступности зарубежных ветеринарных препаратов в России вызвано политическими событиями, а также ужесточением правил Россельхознадзора по их продвижению на российском рынке. Сейчас важно начать заблаговременно проводить работу по замене иностранных препаратов на российские, обеспечивая их качество и доступность, соответствующие мировому уровню. Цены на иностранные препараты могут значительно превышать цены российских аналогов, а вопрос качества российских препаратов остается открытым.

К оценке качества лекарственных препаратов привлекли высококвалифицированных специалистов из ветеринарного сообщества, которые по разработанной ранее балльной системе оценивали каждый препарат. В результате последующей обработки данных по методике априорного ранжирования получены объективные оценки качества каждого ветеринарного препарата для лечения наиболее распространенных заболеваний собак. Для наглядного представления уровня качества

¹¹ Каталог ветеринарных препаратов (Агроветзащита). Режим доступа: <https://avzvet.ru/> (дата обращения: 31.01.2025).

лекарственных препаратов построены и сгруппированы по наиболее распространенным заболеваниям гистогаммы с указанием стоимости препаратов, что позволит ветеринарным врачам, а также владельцам собак выбрать оптимальный вариант лечения с учетом соотношения цены и качества.

Проведенные изыскания открывают перспективы для дальнейших исследований, направленных на разработку рекомендаций по замещению импортных ветеринарных лекарственных средств для собак на российском рынке.

Список литературы

1. Акчурина С.В., Дюльгер Г.П., Акчурина И.В., Бычков В.С., Седлецкая Е.С. Основные лекарственные средства для кошек и собак в российской ветеринарной практике // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 2. С. 109–123. doi: 10.26897/0021-342X-2023-2-109-123 EDN: PQDXTV
2. Антипина С.В., Воробьева Н.В. Мониторинг качества ветеринарных лекарственных препаратов для парентерального применения // Ветеринарный врач. 2025. № 1. С. 7–13. doi: 10.33632/1998-698X_2025_1_7 EDN: MVBVPD
3. Воронников И.Л., Муравьева М.В., Петров К.А. Алгоритм системы сбора данных о процессах импортозамещения в субъектах Российской Федерации в области ветеринарных аппаратов и средств защиты от болезней животных и рыб // Глобальный научный потенциал. 2019. № 11 (104). С. 180–183. EDN: АНРИОС
4. Бышенко В.В., Кныш О.И., Задираченко Л.Н., Егорова А.О., Родина Ю.С. Современное состояние рынка ветеринарных лекарственных препаратов Тюменской области // Фармакоэкономика. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. 2022. № 2. С. 267–283. doi: 10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2022.133 EDN: OODYZE
5. Горбунова Е.В., Горячев Д.В., Горская Т.Е., Богданов А.Н. Современные подходы к подтверждению терапевтической эквивалентности лекарственных препаратов локального действия в желудочно-кишечном тракте // Вестник Научного центра экспертизы средств медицинского применения. 2021. Т. 11. № 4. С. 228–238. doi: 10.30895/1991-2919-2021-11-4-228-238 EDN: UPTTKM
6. Черкасова В.В., Кныш О.И., Половникова П.А., Родина Ю.С., Викулова К.А., Егорова А.О. Актуальное нормативно-правовое регулирование сферы обращения лекарственных средств для ветеринарного применения в Российской Федерации // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2025. № 1. С. 95–119. doi: 10.24412/2312-2935-2025-1-95-119 EDN: KAJSOU
7. Репичев А.И., Комарова К.А. Значение и перспективы развития ветеринарной промышленности в Российской Федерации // Индустриальная экономика. 2021. № 3–3. С. 53–58. doi: 10.47576/2712-7559_2021_3_3_53 EDN: RSMSYE
8. Российский рынок ветеринарной фармацевтики обещает бурный рост // Аграрная наука. 2023. № 4. С. 14–15. EDN: HUTEDY
9. Зубрилина Е.М., Димитров В.П., Нерода Е.В. Априорное ранжирование факторов методом экспертных оценок: практикум по дисциплине «Основы теории эксперимента». Ростов-на-Дону : ДГТУ-Принт, 2018. С. 23.
10. Костенко М.П., Мельник Р.Н., Мельник Н.В., Стариков В.А., Боровой В.Н., Панкова Е.В. Перспективы развития предприятий биопромышленности и их биобезопасность // Ветеринарный врач. 2024. № 3. С. 63–68. doi: 10.33632/1998-698X_2024_3_63 EDN: ZUJSAZ
11. Кузнецова М.И., Соловьева Е.А., Спиридонова Г.В. Тренды российской ветеринарной фарминдустрии: риски и развитие // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2024. № 2 (42). С. 52–61. doi: 10.24151/2409-1073-2024-2-52-61 EDN: XQQCOO
12. Енашев С.В., Комаров А.А., Мироненко А.В., Гончарова Е.Н., Габидуллина Д.Э. Биоэквивалентность препаратов ПИМОКАРДИН® и Ветмедин®S при оральном введении собакам // Ветеринария. 2024. № 12. С. 53–58. doi: 10.30896/0042-4846.2024.27.12.53-58 EDN: CXSAYL
13. Сергеев Д.Б., Ковалев С.П. Использование препарата «Ветмедин» у собак с хронической сердечной недостаточностью // Международный вестник ветеринарии. 2020. № 1. С. 42–45. doi: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.42.1.42 EDN: ZIUNEB

14. Комаров А.А., Гончарова Е.Н. Доказательство биоэквивалентности лекарственных препаратов — эффективный инструмент достижения импортонезависимости в ветеринарии // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2024. № 3 (51). С. 449–453. doi: 10.36871/vet.san.hyг.ecol.202403019 EDN: LTLTVQ

15. Шелест И.М. Основные проблемы и возможности роста для отечественных производителей на рынке ветеринарных фармацевтических препаратов // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий : сб. статей XII Междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 07 декабря 2023 г. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. С. 230–234. EDN: CMNBDH

16. Руденко А.А., Кольчева А.Г. Метод априорного ранжирования при замещении ветеринарных препаратов // Сборник научных трудов XIV международной межвузовской конференции по клинической ветеринарии в формате PARTNERS, 5–6 декабря 2024 года. М. : ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина, 2025. С. 309–315.

Об авторах:

Кольчева Анастасия Георгиевна — аспирант аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: 1142240374@pfur.ru

ORCID: 0009-0002-9131-9633

Руденко Андрей Анатольевич — доктор ветеринарных наук, доцент, профессор кафедры ветеринарной медицины, Российский биотехнологический университет, Российская Федерация, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., д. 11; e-mail: rudenkoaa@mgurp.ru

ORCID: 0000-0002-6434-3497 SPIN-код: 6403-6832

Шопинская Марина Ивановна — кандидат ветеринарных наук, доцент департамента ветеринарной медицины, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: shopinskaya-mi@rudn.ru

ORCID: 0000-0002-3823-3737 SPIN-код: 2550-4781



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-214-226

EDN MRPDMW

УДК 619:579.8:616-002:591.2:636.2

Научная статья / Research article

Прооксидантно-антиоксидантный контроль эффективности аэрозольной терапии острой катаральной бронхопневмонии телят

Е.В. Куликов , Е.Д. Сотникова , Н.Ю. Родионова ,
И.Е. Прозоровский , К.В. Шепелева , П.А. Руденко  

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

 rudenko-pa@rudn.ru

Аннотация. Представлены результаты прооксидантно-антиоксидантного контроля эффективности различных схем аэрозольной комплексной терапии острой катаральной бронхопневмонии у телят с использованием общепринятой схемы (аэрозольная обработка в помещении раствором йодтриэтиленгликоля с внутримышечным введением препарата Пенстреп-400), а также схем, предложенных нами на основании ранее проведенных исследований по определению чувствительности изолированной микрофлоры к антибактериальным препаратам (аэрозольная обработка в помещении раствором йодтриэтиленгликоля с внутримышечным введением препарата Марфлоксин) и фитобиотикам (аэрозольная обработка в помещении экстрактом зверобоя продырявленного с внутримышечным введением препарата Марфлоксин). Материалом для исследования служили телята черно-пестрой породы, в возрасте 1–3 месяца, смешанного пола, с клиническими признаками острой катаральной бронхопневмонии. Больные животные методом конвертов были распределены на три опытные группы: $_1O$, $n = 20$; $_2O$, $n = 20$ и $_3O$, $n = 20$ и помещены в отдельные изоляторы. При лечении животных группы $_1O$ общее клиническое улучшение наступало лишь на $9,25 \pm 0,91$ сутки, при этом возникло шесть случаев осложнений, а два животных пало. Лечение телят группы $_2O$ сопровождалось общим клиническим улучшением на 2,05 суток раньше, при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели все животные. Терапия в группе $_3O$ способствовала общему клиническому улучшению уже на $4,90 \pm 0,64$ сутки, что на 47,0 % раньше при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели также все 20 телят. Изучение процессов перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты плазмы крови опытных телят в динамике лечения подтвердило наилучший результат в группе $_3O$, который сопровождался значительным снижением продуктов перекисного окисления липидов и повышением показателей антиоксидантной системы, которые уже на 7 сутки наблюдения приближались к показателям физиологической нормы.

© Куликов Е.В., Сотникова Е.Д., Родионова Н.Ю., Прозоровский И.Е., Шепелева К.В., Руденко П.А., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: респираторные патологии, липопероксидация, лечение, антибиотики, фитобиотики, зверобой продырявленный, *Hypericum Perforatum*

Вклад авторов: концепция — П.А. Руденко; методология — Н.Ю. Родионова, К.В. Шепелева; валидация — И.Е. Прозоровский; работа с данными — Е.В. Куликов, Е.Д. Сотникова; написание первой версии — П.А. Руденко; ревизия и редактирование текста — Е.В. Куликов, П.А. Руденко; визуализация результатов — К.В. Шепелева. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-00091, <https://rscf.ru/project/24-26-00091/>

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 6 марта 2025 г., принята к публикации 4 апреля 2025 г.

Для цитирования: Куликов Е.В., Сотникова Е.Д., Родионова Н.Ю., Прозоровский И.Е., Шепелева К.В., Руденко П.А. Прооксидантно-антиоксидантный контроль эффективности аэрозольной терапии острой катаральной бронхопневмонии телят // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 214–226. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-214-226 EDN MRPDMW

Prooxidant-antioxidant control of the effectiveness of aerosol therapy for acute catarrhal bronchopneumonia in calves

Evgeniy V. Kulikov , Elena D. Sotnikova , Natalya Y. Rodionova ,
Ivan E. Prozorovskiy , Kristina V. Shepeleva , Pavel A. Rudenko  

RUDN University, Moscow, Russian Federation

 rudenko-pa@rudn.ru

Abstract. The results of prooxidant-antioxidant control of the efficiency of various schemes of aerosol complex therapy for acute catarrhal bronchopneumonia in calves using the generally accepted scheme (aerosol treatment indoors with iodotriethyleneglycol solution with intramuscular administration of the drug "Penstrep-400"), as well as schemes proposed by us, based on previously conducted studies to determine the sensitivity of isolated microflora to antibacterial drugs (aerosol treatment indoors with iodotriethyleneglycol solution with intramuscular administration of the drug "Marfloxacin") and phytobiotics (aerosol treatment indoors with *Hypericum perforatum* wort extract with intramuscular administration of the drug "Marfloxacin") were presented. Black-and-white calves, aged 1–3 months, mixed sex, with clinical signs of acute catarrhal bronchopneumonia were studied. The sick animals were divided into three experimental groups using the envelope method: $_1O$ — experimental 1, $n = 20$; $_2O$ — experimental group 2, $n = 20$ and $_3O$ — experimental group 3, $n = 20$ and placed in separate isolators. During the treatment of animals in group $_1O$, the general clinical improvement occurred only on the 9.25 ± 0.91 day, while six cases of complications occurred, and two animals died. The treatment of calves in group $_2O$ was accompanied by the general clinical improvement 2.05 days earlier, compared with group $_1O$, and all animals recovered. Therapy in group $_3O$ contributed to the general clinical improvement already on the 4.90 ± 0.64 day, which is 47.0% earlier compared with the indicators of group $_1O$, and all 20 calves also recovered. The study of the processes of lipid peroxidation and antioxidant protection in blood plasma of experimental calves in the dynamics of treatment confirmed the best result in $_3O$ group, which was accompanied by a significant decrease in LPO products and an increase in AOS indicators, which already on the 7th day of observation approached the physiological norm.

Keywords: respiratory pathologies, lipid peroxidation, treatment, antibiotics, phytobiotics, St. John's wort, *Hypericum Perforatum*

Authors' contribution: conceptualization — Rudenko P.A.; methodology — Rodionova N.Y., Shepeleva K.V.; validation — Prozorovskiy I.E.; data curation — Kulikov E.V., Sotnikova E.D.; writing/original draft preparation — Rudenko P.A.; writing/review and editing — Kulikov E.V., Rudenko P.A.; visualization — Shepeleva K.V. All authors read and approved the final manuscript.

Acknowledgments. The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation No. 24-26-00091, <https://rscf.ru/project/24-26-00091/>

Conflict of interests. The authors declare that they have no conflict of interests.

Article history: received 6 March 2025; accepted 4 April 2025.

For citation: Kulikov EV, Sotnikova ED, Rodionova NY, Prozorovskiy IE, Shepeleva KV, Rudenko PA. Prooxidant-antioxidant control of the effectiveness of aerosol therapy for acute catarrhal bronchopneumonia in calves. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):214–226. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-214-226

Введение

Интенсификация животноводства привела к значительному увеличению концентрации крупного рогатого скота в искусственно созданных биогеоценозах [1–3]. В результате высокой плотности животных на искусственно созданной территории сформировались условия, которые снизили устойчивость животных к негативным воздействиям окружающей среды, включая контакт с условно-патогенными бактериями, вызывающими различные инфекции. В условиях большой плотности размещения и механизации скота животные лишились активного движения, солнечного света и возможности свободного выбора корма. Они также часто испытывают стресс, что негативно сказывается на их физиологическом состоянии [4, 5]. Кроме того, в искусственных биогеоценозах резко изменились физико-химические и микробиологические характеристики воздуха, освещение и уровень шума по сравнению с природными условиями [6–9].

В современном животноводстве среди высокопродуктивных животных часто наблюдаются заболевания дыхательной системы, особенно у молодняка [10, 11]. Они нередко носят массовый характер, в результате чего возникает стационарное неблагополучие по факторным болезням. Эти болезни вызывают значительные экономические потери в отрасли, включая гибель животных, снижение производства продукции от больных или переболевших особей, замедление их роста и развития, а также расходы на лечение и профилактические меры [7, 12].

Необоснованное использование антибиотиков без предварительного определения их эффективности относительно возбудителей заболевания, а также применение максимальных доз, произвольное изменение режима лечения и частоты использования препаратов, игнорирование видовой и возрастной чувствительности животных, особенностей фармакокинетики лекарства, часто приводит к развитию

устойчивости микроорганизмов к антибактериальным препаратам и серьезным побочным эффектам у животных [14–17]. В связи с этим поиск альтернативных средств лечения факторных заболеваний у крупного рогатого скота, включая острую катаральную бронхопневмонию у телят, становится особенно актуальным. Решение этой задачи улучшит методы борьбы с респираторными заболеваниями.

Цель исследования — провести прооксидантно-антиоксидантный контроль эффективности различных схем аэрозольной комплексной терапии острой катаральной бронхопневмонии у телят с использованием общепринятой схемы, а также предложенных нами схем, разработанных на основании ранее проведенного определения чувствительности изолированной микрофлоры к антибактериальным препаратам и фитобиотикам.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено на телятах черно-пестрой породы в возрасте 1–3 месяца, смешанного пола, с клиническими признаками острой катаральной бронхопневмонии ($n = 60$) в животноводческих фермах ООО «Бабаево» Собинского района Владимирской области и ООО «Дельта-Ф» Сергиево-Посадского городского округа Московской области, с общим поголовьем 3680 голов, в т.ч. 1690 коров. Контролем служили клинически здоровые телята черно-пестрой породы ($n = 10$), отобранные рандомизированно, в возрасте от 1 до 3 месяцев, смешанного пола.

Больные животные методом конвертов были распределены на три опытные группы: $_1O$ — 1-я опытная группа, $n = 20$; $_2O$ — 2-я опытная группа, $n = 20$ и $_3O$ — 3-я опытная группа, $n = 20$, и помещены в отдельные изоляторы. В группе $_1O$ применена общепринятая схема терапии бронхопневмонии у телят в хозяйстве, а в группах $_2O$ и $_3O$ — схемы, разработанные нами на основании проведенных ранее исследований по определению чувствительности изолированной микрофлоры к антибактериальным препаратам и фитобиотикам [10].

Телятам группы $_1O$ применяли аэрозольную обработку в помещении с помощью промышленного генератора холодного тумана «Хайфог» с использованием раствора йодтриэтиленгликоля (3 мл/м³ помещения + глицерин, 10 % от общего объема раствора), один раз в сутки на протяжении 30 минут, 7 дней + в/м комбинированный антибиотик Пенстреп-400 (1 мл/10 кг живой массы), 1 раз в сутки, трехкратно.

Животным группы $_2O$ проводили аэрозольную обработку в помещении с помощью промышленного генератора холодного тумана «Хайфог» с использованием раствора йодтриэтиленгликоля (3 мл/м³ помещения + глицерин, 10 % от общего объема раствора), один раз в сутки на протяжении 30 минут, 7 дней + в/м назначен на основании ранее проведенных микробиологических исследований антибактериальный препарат группы фторхинолонов «Марфлоксин», 10% раствор (8 мг/кг живой массы), 1 раз в сутки, трехкратно.

Телятам группы $_3O$ назначили аэрозольную обработку животных в помещении с помощью промышленного генератора холодного тумана «Хайфог» эксперимен-

тально подобранным фитопрепаратом «Экстракт зверобоя продырявленного», 25% раствор (10 % от объема раствора + глицерин, 10 % от общего объема раствора + 20% раствор глюкозы, 3 мл/м³ помещения), один раз в сутки на протяжении 30 минут, 7 дней + в/м «Марфлоксин», 10% раствор (8 мг/кг живой массы), 1 раз в сутки, трехкратно.

За больными животными проводили ежедневные наблюдения общего клинического состояния, а также на 7 и 12 день забирали кровь для проведения биохимических исследований.

Кровь забирали из яремной вены в утренние часы, до кормления животных, в объеме 10 мл в отдельные пробирки. Интенсивность процессов перекисного окисления липидов — антиоксидантной системы (ПОЛ-АОС) в сыворотке крови оценивали, используя коммерческие наборы для колориметрического анализа (RANDOX Laboratories Ltd., Лондон, Великобритания), согласно инструкции производителя. При этом из показателей перекисного окисления липидов определили уровень диеновых конъюгатов (ДК), кетодиенов (КД), содержание малонового диальдегида (МДА), а также уровень молекул средней массы (МСМ). Рассчитали индекс эндогенной интоксикации (ИЭИ) по И.Т. Васильеву¹, отражающий соотношение концентрации первичных продуктов ПОЛ — диеновых конъюгатов (ДК) к уровню среднемолекулярных пептидов. Состояние антиоксидантной защиты оценивали по показателям каротина, супероксиддисмутазы (СОД), каталазы (КАТ), концентрации церуллоплазмина (ЦП), активности глутатионпероксидазы (ГТП), глутатионредуктазы (ГТР) и общей антиоксидантной активности сыворотки крови (ОАОА).

Полученные результаты исследований подвергали статистическому анализу и представляли в виде таблиц и рисунков. Все расчеты проводили с помощью статистической программы STATISTICA 7.0. (StatSoft, USA). Предварительно оценивали нормальность распределения с помощью тестов Шапиро — Уилкса. В случае нормального распределения количественных переменных для сравнения двух групп применяли тест ANOVA. Достоверность разницы анализов между показателями животных до лечения и в динамике терапии рассчитывали по методу Манна — Уитни (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$).

Результаты исследования и обсуждение

Ранее мы изучили микробный пейзаж проб альвеолярного лаважа, отобранного от телят, больных острой катаральной бронхопневмонией. Определили чувствительность к антибиотикам и фитобиотикам инициаторов острой катаральной бронхопневмонии у телят [10]. Установлено, что выделенные микроорганизмы чувствительны к цефалоспориновым антибиотикам IV поколения цефкиному и цефепиму, а также к фторхинолоновому антибиотику III поколения марбофлоксацину. Наиболее выраженные антимикробные свойства среди фитопрепаратов выявлены у экстракта зверобоя продырявленного (в ис-

¹ Васильев И.Т., Мумладзе Р.Б., Евдокимов Е.А. и др. Лечение абдоминального сепсиса в реанимационном отделении многопрофильного стационара: учебное пособие. М. : ГБОУ ДПО РМАПО, 2015. 58 с.

ходной форме, в двух-, четырех- и восьмикратных разведениях показал 100,0% эффективность по отношению ко всем представителям грамположительной микрофлоры). В этой связи животным групп $_2O$ и $_3O$ в качестве антибиотикотерапии назначили Марфлоксин, а телятам группы $_3O$ — аэрозольную обработку помещения фитопрепаратом экстракта Зверобоя продырявленного. Результаты терапии приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты лечения телят с острой катаральной бронхопневмонией

Группы животных, голов	Общее клиническое улучшение, суток	Количество осложнений		Выздоровело, гол		Пало, гол.	
		Абс. ч.	%	Абс. ч.	%	Абс. ч.	%
1 опытная группа, n = 20	9,25 ± 0,91	6	30,0	18	90,0	2	10,0
2 опытная группа, n = 20	7,20 ± 0,61	–	–	20	100,0	–	–
3 опытная группа, n = 20	4,90 ± 0,64	–	–	20	100,0	–	–

Источник: составил П.А. Руденко.

Показано, что при лечении животных группы $_1O$ общее клиническое улучшение наступало на 9,25 ± 0,91 сутки, при этом в период терапии возникло шесть случаев (30,0 %) осложнений, 18 (90,0 %) телят выздоровело, а два животных (10,0 %) пало. Лечение телят группы $_2O$ сопровождалось общим клиническим улучшением на 2,05 суток раньше, при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели все 20 (100,0 %) животных. Терапевтические изыскания в группе $_3O$ увенчались наступлением общего клинического улучшения на 4,90 ± 0,64 сутки, что на 47,0 % раньше при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели также все 20 (100,0 %) телят.

ПОЛ — это важный биохимический процесс, играющий значительную роль в патогенезе воспалительных реакций, обусловленный реакцией ненасыщенных жирных кислот в клеточных мембранах с кислородом, в результате чего образуются перекиси, свободные радикалы и конечные продукты окисления, такие как альдегиды и кетоны. Процессы ПОЛ начинаются с генерации свободных радикалов, атакующих двойные связи в ненасыщенных жирных кислотах, приводя к запуску реакций, которые могут повреждать клеточные структуры [4]. На фоне адекватно проводимой терапии при любом воспалительном процессе, в т. ч. и инфекционной патологии, отмечается модуляция свободно-радикальных процессов ПОЛ [13]. Динамика изменения уровня продуктов ПОЛ в сыворотке крови телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения отражена в табл. 2.

Таблица 2

Уровень продуктов перекисного окисления липидов в плазме крови телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения

Показатели	Здоровые телята (n = 10)	Опыт-ные группы	Больные бронхопневмонией телята		
			До лечения (n = 10)	7-й день (n = 10)	12-й день (n = 10)
МДА, мкм/л	2,88 ± 0,11	₁ О	5,19 ± 0,18	4,96 ± 0,18	3,31 ± 0,20***↓
		₂ О	5,26 ± 0,10	3,70 ± 0,14***↓	2,86 ± 0,05***↓
		₃ О	5,21 ± 0,08	2,74 ± 0,12***↓	2,78 ± 0,09***↓
ДК, ед. опт. пл.	0,29 ± 0,01	₁ О	3,20 ± 0,22	2,52 ± 0,18*↓	0,82 ± 0,05***↓
		₂ О	3,05 ± 0,06	1,28 ± 0,09***↓	0,75 ± 0,02***↓
		₃ О	2,97 ± 0,13	0,43 ± 0,05***↓	0,36 ± 0,02***↓
МСМ, усл. ед.	0,24 ± 0,01	₁ О	0,89 ± 0,04	0,75 ± 0,04*↓	0,36 ± 0,02***↓
		₂ О	0,86 ± 0,02	0,60 ± 0,02***↓	0,39 ± 0,01***↓
		₃ О	0,82 ± 0,02	0,29 ± 0,02***↓	0,23 ± 0,01***↓
КД, ед. опт. пл.	0,13 ± 0,01	₁ О	0,68 ± 0,03	0,56 ± 0,02*↓	0,28 ± 0,02***↓
		₂ О	0,68 ± 0,02	0,45 ± 0,01***↓	0,18 ± 0,01***↓
		₃ О	0,69 ± 0,02	0,25 ± 0,01***↓	0,26 ± 0,06***↓

Примечание. ₁О – 1 опытная группа; ₂О – 2 опытная группа; ₃О – 3 опытная группа; ↑ – достоверное увеличение показателей; ↓ – достоверное снижение показателей; * – p < 0,05; ** – p < 0,01; *** – p < 0,001 в сравнении с показателями до начала терапии.

Источник: составил П.А. Руденко.

ДК и КД являются первичными продуктами перекисного окисления липидов, а МДА относится к вторичным продуктам липопероксидации. Общепринятый маркер эндогенной интоксикации — уровень МСМ в плазме крови, являющихся олигопептидами, при усиленном их образовании свидетельствует о патологических состояниях. По уровню МСМ можно судить об уровне эндогенной интоксикации, тем самым прогнозировать течение заболевания [13]. Все перечисленные продукты ПОЛ и среднемoleкулярные пептиды являются мутагенами и обладают выраженной цитотоксичностью, приводя к дезинтеграции метаболизма в клетке и, как следствие, к ее гибели. Установлено, что клиническая манифестация острой катаральной бронхопневмонии сопровождается значительным увеличением количества ДК, КД, МДА и МСМ в плазме крови телят в 10,6 раза, 5,2 раза, 10,8 раза и 3,5 раза соответственно по сравнению с показателями клинически здоровых телят. Следует отметить, что лечение телят группы ₁О на 7-е сутки сопровождалось достоверным снижением (*↓) уровня ДК, МСМ и КД на 21,2, 15,7 и 17,6 % соответственно по сравнению с выходными данными. Терапия животных второй опытной группы уже на 7-й день отмечалась значительным (***) снижением показателей МДА, ДК, МСМ и КД на 29,6, 58,0, 30,2 и 33,8 % соответственно. Наибольший позитивный сдвиг продуктов липопероксидации отмечали у телят группы ₃О, так на 7-е сутки в их крови регистрировали высокодостоверное уменьшение показателей

МДА, ДК, МСМ и КД на 47,4, 85,5, 64,6 и 63,7 % соответственно по сравнению с соответствующими показателями до начала терапии. Необходимо сказать о том, что на 12-е сутки после начала лечения изучаемые аналиты продуктов ПОЛ у животных всех групп имели тенденцию к дальнейшему снижению, а у групп $_2\text{O}$ и $_3\text{O}$ приближались к показателям клинически здоровых телят.

Мы также рассчитали индекс эндогенной интоксикации телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения (рис. 1).

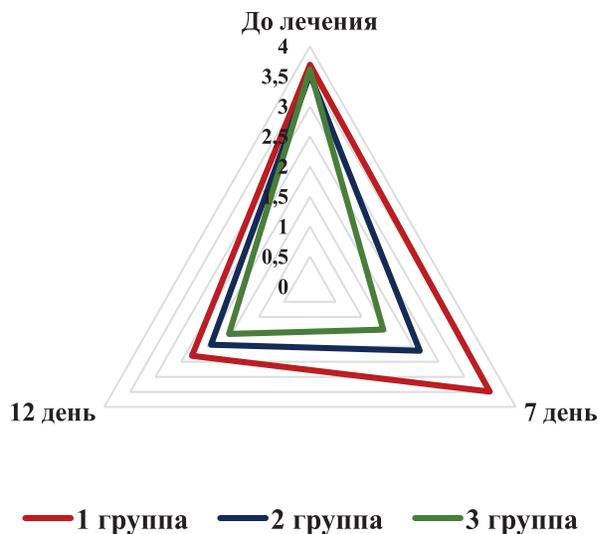


Рис. 1. Уровень индекса эндогенной интоксикации телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения

Источник: выполнил П.А. Руденко.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что клиническая манифестация острой катаральной бронхопневмонии у телят сопровождается значительным повышением в плазме крови уровня ИЭИ. При определении сравнительной эффективности различных схем в динамике терапии заболевания установлено, что на 7-е сутки в крови происходило высокодостоверное снижение (***) в группах $_2\text{O}$ и $_3\text{O}$ ИЭИ с $3,54 \pm 0,11$ до $2,14 \pm 0,18$ усл. ед., или в 1,65 раза, и с $3,62 \pm 0,17$ до $1,43 \pm 0,08$ усл. ед., или в 2,53 раза, при сравнении с соответствующими показателями до начала лечения. Необходимо отметить, что на 12-е сутки терапии регистрировали достоверное снижение показателя ИЭИ во всех трех группах: в $_1\text{O}$ — с $3,70 \pm 0,35$ до $2,30 \pm 0,18$ усл. ед., на 37,8 % (**); в $_2\text{O}$ — с $3,54 \pm 0,11$ до $1,93 \pm 0,07$ усл. ед., на 45,4 % (**); в $_3\text{O}$ — с $3,62 \pm 0,17$ до $1,58 \pm 0,07$ усл. ед., на 56,3 % (**).

Торможение процессов липопероксидации и постоянство низкого уровня свободных радикалов в клетках контролируется наличием в организме АОС, ингибиторы которой способны непосредственно реагировать со свободными радикалами. В физиологических условиях АОС защищает клеточные липиды от избыточного

перекисления, поэтому считается одним из весомых показателей гомеостаза. Даже кратковременная несостоятельность АОС вызывает существенные нарушения гомеостатических процессов, а более длительное существование свободных радикалов может привести к необратимым повреждениям органоидов клеток и тканей. К антиоксидантным ферментам относят супероксиддисмутазу, каталазу, концентрацию церуллоплазмина, активность глутатионпероксидазы и глутатионредуктазы. Все они катализируют химические реакции, в результате которых токсические свободные радикалы и перекиси превращаются в неврежденные для организма соединения. Помимо этого, ведущее место в неферментативном звене АОС организма принадлежит каротиноидам, которые способны гасить свободные радикалы и нейтрализовать активные формы кислорода [4, 13]. Уровень антиоксидантных аналитов плазмы крови телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе терапии приведен в табл. 3.

Таблица 3

**Показатели антиоксидантной системы телят
с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения**

Показатели	Здоровые телята (n = 10)	Опытные группы	Больные бронхопневмонией телята		
			До лечения (n = 10)	7 день (n = 10)	12 день (n = 10)
Каротин, мг %	0,33 ± 0,01	₁ 0	0,17 ± 0,01	0,22 ± 0,01**↑	0,34 ± 0,01***↑
		₂ 0	0,16 ± 0,01	0,29 ± 0,01***↑	0,34 ± 0,01***↑
		₃ 0	0,17 ± 0,01	0,33 ± 0,01***↑	0,32 ± 0,01***↑
ЦП, ммоль/л	2,02 ± 0,04	₁ 0	0,77 ± 0,06	0,98 ± 0,04*↑	2,10 ± 0,07***↑
		₂ 0	0,67 ± 0,04	1,63 ± 0,07***↑	2,07 ± 0,05***↑
		₃ 0	0,75 ± 0,02	2,08 ± 0,05***↑	2,03 ± 0,03***↑
КТ, мккат/л	15,57 ± 0,23	₁ 0	9,79 ± 0,36	10,53 ± 0,35	15,84 ± 0,28***↑
		₂ 0	10,03 ± 0,36	13,59 ± 0,40***↑	15,81 ± 0,39***↑
		₃ 0	10,12 ± 0,25	14,52 ± 0,25***↑	15,52 ± 0,29***↑
СОД, усл. ед.	0,75 ± 0,02	₁ 0	0,31 ± 0,02	0,40 ± 0,01**↑	0,78 ± 0,03***↑
		₂ 0	0,31 ± 0,02	0,50 ± 0,01***↑	0,69 ± 0,02***↑
		₃ 0	0,31 ± 0,01	0,64 ± 0,02***↑	0,75 ± 0,02***↑
ГЛП, мкМ/мин	14,65 ± 0,23	₁ 0	6,01 ± 0,29	8,47 ± 0,25***↑	14,69 ± 0,32***↑
		₂ 0	5,45 ± 0,21	10,55 ± 0,42***↑	14,85 ± 0,51***↑
		₃ 0	5,67 ± 0,22	13,55 ± 0,22***↑	14,90 ± 0,28***↑
ГЛР, мкМ/мин	142,16 ± 0,44	₁ 0	51,92 ± 1,99	65,85 ± 2,18***↑	132,21 ± 3,23***↑
		₂ 0	54,46 ± 1,72	108,77 ± 2,34***↑	140,68 ± 1,42***↑
		₃ 0	53,82 ± 1,29	134,69 ± 1,91***↑	141,59 ± 0,62***↑

Примечание. ₁0 – 1-я опытная группа; ₂0 – 2-я опытная группа; ₃0 – 3-я опытная группа;
 ↑ – достоверное увеличение показателей; ↓ – достоверное снижение показателей; * – $p < 0,05$;
 ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ в сравнении с показателями до начала терапии.

Источник: выполнил П.А. Руденко.

Приведенные данные говорят о том, что при развитии острой катаральной бронхопневмонии в крови телят наблюдается резкое снижение как ферментативного, так и неферментативного звена АОС, свидетельствующих о развитии окислительного стресса. Установлено, что на 7-й день лечения в крови телят группы $_1O$ наблюдали достоверное увеличение каротина в 1,29 раза (** \uparrow), ЦП в 1,27 раза (* \uparrow), СОД в 1,29 раза (** \uparrow), ГЛП в 1,41 раза (***) и ГЛР в 1,26 раза (***) по сравнению с выходными данными. Следует отметить, что у телят групп $_2O$ и $_3O$ на 7-й день лечения регистрировали более значительные сдвиги ингибиторов АОС. Так, у животных группы $_2O$ на 7-е сутки отмечали в плазме крови высокодостоверное увеличение (***) каротина, ЦП, КТ, СОД, ГЛП и ГЛР в 1,81, 2,43, 1,35, 1,61, 2,41 и 1,99 раза, а у телят группы $_3O$ — в 1,94, 2,77, 1,43, 2,06, 2,38 и 2,50 раза соответственно по сравнению с показателями от начала терапии. Следует подчеркнуть, что на 12-е сутки начала терапии у животных всех опытных групп фиксировали убедительный рост (***) всех аналитов АОС, который приближался к значениям референтной нормы.

Уровень общей антиоксидантной активности сыворотки крови телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения представлен на рис. 2.

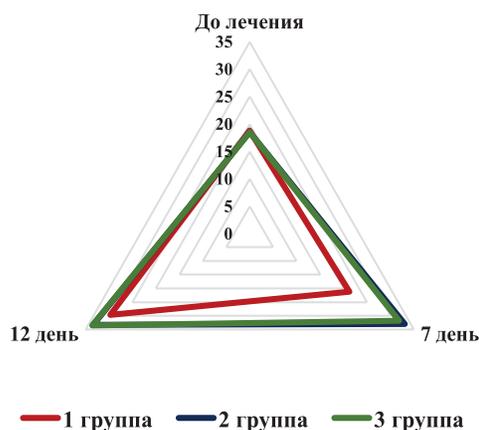


Рис. 2. Общая антиоксидантная активность сыворотки крови телят с острой катаральной бронхопневмонией в процессе лечения

Источник: выполнил П.А. Руденко.

Показано, что при клинической манифестации острой катаральной бронхопневмонии у телят отслеживали резкое снижение показателя ОАОА плазмы крови в 1,84 раза. При сравнительной эффективности различных схем в динамике терапии заболевания на 7-е сутки в плазме крови у животных наблюдали увеличение показателя ОАОА в группе $_1O$ с $18,98 \pm 0,96 \%$ до $21,40 \pm 0,42 \%$, на 11,3% (* \uparrow), в группе $_2O$ с $18,69 \pm 0,80 \%$ до $33,20 \pm 1,04 \%$, т.е. на 43,7% (***) в группе $_3O$ с $18,68 \pm 0,52 \%$ до $31,98 \pm 0,96 \%$, или на 41,6% (***)). Необходимо отметить, что на 12-й день терапии у телят регистрировали дальнейшее высокодостоверное увеличение ОАОА (***) у животных групп $_1O$, $_2O$ и $_3O$ в 1,57 раза, 1,79 и 1,81 раза

соответственно, до $29,88 \pm 0,51 \%$, $33,52 \pm 0,59$ и $33,73 \pm 0,68 \%$, по сравнению с выходными данными.

Таким образом, все три терапевтические схемы при борьбе с острой катаральной бронхопневмонией показали относительную эффективность, однако аэрозольное применение фитопрепарата Зверобоя продырявленного в комплексном лечении больных телят продемонстрировало наилучшие результаты. Это указывает на выраженные антибактериальные, противовоспалительные и иммуномодулирующие свойства данного растения, что делает его актуальным для ветеринарной практики.

Заключение

Проведена сравнительная эффективность различных схем аэрозольной комплексной терапии острой катаральной бронхопневмонии у телят. Установлено, что при лечении животных с помощью аэрозольной обработки в помещении раствором йодтриэтиленгликоля с внутримышечным введением препарата Пенстреп-400 (группа $_1O$) клиническое улучшение наступало лишь на $9,25 \pm 0,91$ сутки, при этом в период терапии возникло шесть случаев осложнений, а два животных ($10,0 \%$) пало. Лечение телят с помощью аэрозольной обработки в помещении раствором йодтриэтиленгликоля с внутримышечным введением препарата Марфлоксин (группа $_2O$) сопровождалось общим клиническим улучшением на $2,05$ суток раньше, при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели все 20 ($100,0 \%$) животных. Терапевтические изыскания в группе животных с применением с помощью аэрозольной обработки в помещении экспериментально подобранного фитопрепарата Экстракт зверобоя продырявленного с внутримышечным введением препарата Марфлоксин ($_3O$ группа) увенчались наступлением общего клинического улучшения на $4,90 \pm 0,64$ сутки, что на $47,0 \%$ раньше при сравнении с показателями группы $_1O$, при этом выздоровели также все 20 ($100,0 \%$) телят. При скрупулезном анализе прооксидантно-антиоксидантных показателей плазмы крови телят в динамике их терапии показано, что в группах $_1O - _3O$ уже на 7 -е сутки наблюдали уменьшение продуктов ПОЛ на фоне увеличения показателей АОС, однако лишь в группе с аэрозольным применением экстракта Зверобоя продырявленного (группа $_3O$) показатели ПОЛ-АОС приближались к значениям физиологической нормы.

Список литературы

1. Vatikov Y, Donnik I, Kulikov E, Karamyan A, Sachivkina N, Rudenko P, et al. Research on the antibacterial and antimycotic effect of the phytopreparation Farnesol on biofilm-forming microorganisms in veterinary medicine. *International Journal of Pharmaceutical Research*. 2020;12(Suppl. Issue 2):1481–1492. doi: 10.31838/ijpr/2020.SP2.164 EDN: SLZQGC
2. Rudenko A, Glamazdin I, Lutsay V, Sysoeva N, Tresnitskiy S, Rudenko P. Parasitocenoses in cattle and their circulation in small farms. *E3S Web of Conferences*. 2022;363:03029. doi: 10.1051/e3sconf/202236303029 EDN: QWWHZQ
3. Nicola I, Cerutti F, Grego E, Bertone I, Gianella P, D'Angelo A, et al. Characterization of the upper and lower respiratory tract microbiota in Piedmontese calves. *Microbiome*. 2017;5:152. doi: 10.1186/s40168-017-0372-5 EDN: MJNIZT

4. Луцкай В.И., Сибирцев В.Д., Нефедов А.М., Руденко П.А. Уровень прооксидантно-антиоксидантного статуса у высокопродуктивных коров при коморбидном течении акушерско-гинекологической и ортопедической патологии // *Аграрная наука*. 2024. № 9. С. 34–39. doi:10.32634/0869-8155-2024-386-9-34-39 EDN: JESEVE
5. Berman J, Masseau I, Fecteau G, Buczinski S, Francoz D. Comparison between thoracic ultrasonography and thoracic radiography for the detection of thoracic lesions in dairy calves using a two-stage Bayesian method. *Preventive veterinary medicine*. 2020;184:105153. doi: 10.1016/j.prevetmed.2020.105153 EDN: HFSBXY
6. Goodman C, Keating G, Georgousopoulou E, Hesse C, Levett K. Probiotics for the prevention of antibiotic-associated diarrhoea: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2021;11(8): e043054. doi: 10.1136/bmjopen-2020-043054 EDN: MBFNEK
7. Rizk MA, Mahmoud ME, El-Sayed SAE, Salman D. Comparative therapeutic effect of steroidal and non-steroidal anti-inflammatory drugs on pro-inflammatory cytokine production in water buffalo calves (*Bubalus bubalis*) naturally infected with bronchopneumonia: a randomized clinical trial. *Tropical animal health and production*. 2017;49(8):1723–1731. doi: 10.1007/s11250-017-1383-8 EDN: QEUZJY
8. Haydock LAJ, Fenton RK, Smerek D, Renaud DL, Caswell JL. Bronchopneumonia with interstitial pneumonia in feedlot cattle: Epidemiologic characteristics of affected animals. *Veterinary pathology*. 2023;60(2):226–234. doi: 10.1177/03009858221146096 EDN: EBMEEZ
9. Nishi Y, Tsukano K, Otsuka M, Tsuchiya M, Suzuki K. Relationship between bronchoalveolar lavage fluid and plasma endotoxin activity in calves with bronchopneumonia. *The Journal of veterinary medical science*. 2019;81(7):1043–1046. doi: 10.1292/jvms.18-0643
10. Родионова Н.Ю., Руденко П.А., Сотникова Е.Д., Прозоровский И.Е., Шопинская М.И., Кротова Е.А., Семенова В.И. Чувствительность к антибиотикам и фитобиотикам инициаторов острой катаральной бронхопневмонии у телят // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство*. 2024. Т. 19. № 2. С. 358–369. doi: 10.22363/2312-797X-2024-19-2-358-369 EDN: GHBNXR
11. Van Driessche L, Vanneste K, Bogaerts B, De Keersmaecker SCJ, Roosens NH, Haesebrouck F, et al. Isolation of drug-resistant *Gallibacterium anatis* from calves with unresponsive bronchopneumonia, Belgium. *Emerging infectious diseases*. 2020;26(4):721–730. doi: 10.3201/eid2604.190962 EDN: HJIXYF
12. Kalaeva E, Kalaev V, Chernitskiy A, Alhamed M, Safonov V. Incidence risk of bronchopneumonia in newborn calves associated with intrauterine diselementosis. *Veterinary world*. 2020;13(5):987–995. doi: 10.14202/vetworld.2020.987-995 EDN: VNSRTQ
13. Руденко П.А. Интенсивность перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы кошек при гнойно-воспалительных процессах // *Ветеринария*. 2016. № 10. С. 45–48. EDN WZIXJH
14. Ghosh C, Sarkar P, Issa R, Halder J. Alternatives to conventional antibiotics in the era of antimicrobial resistance. *Trends in microbiology*. 2019;27(4):323–338. doi: 10.1016/j.tim.2018.12.010 EDN: WZIXJH
15. Süntar I, Oyardı O, Akkol EK, Özçelik B. Antimicrobial effect of the extracts from *Hypericum perforatum* against oral bacteria and biofilm formation. *Pharmaceutical biology*. 2016;54(6):1065–1070. doi: 10.3109/13880209.2015.1102948
16. Walsh TR, Efthimiou J, Dréno B. Systematic review of antibiotic resistance in acne: an increasing topical and oral threat. *The Lancet. Infectious diseases*. 2016;16(3): e23–33. doi: 10.1016/S1473-3099 (15) 00527-7
17. Vasconcelos NG, Croda J, Simionatto S. Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: A review. *Microbial pathogenesis*. 2018;120:198–203. doi: 10.1016/j.micpath.2018.04.036

Об авторах:

Куликов Евгений Владимирович — кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: kulikov-ev@rudn.ru
ORCID: 0000-0001-6936-2163 SPIN-код: 6199-2479

Сотникова Елена Дмитриевна — кандидат биологических наук, доцент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: sotnikova-ed@rudn.ru
ORCID: 0000-0003-1253-1573 SPIN-код: 5511-3661

Родионова Наталья Юрьевна — ассистент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: rodionova-nyu@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-8728-2594 SPIN-код: 8032-5437

Прозоровский Иван Ежьевич — ассистент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2; e-mail: prozorovskiy-ie@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-1849-3849 SPIN-код: 3099-3960

Шепелева Кристина Викторовна — ассистент департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: shepeleva-kv@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-1105-2602 SPIN-код: 8955-6199

Руденко Павел Анатольевич — доктор ветеринарных наук, профессор департамента ветеринарной медицины аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: rudenko-pa@rudn.ru
ORCID: 0000-0002-0418-9918 SPIN-код: 4883-1758



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-227-238

EDN MYLXIW

УДК 619:616.33-08:636.2.033

Научная статья / Research article

Влияние комплексной терапии на аминокислотный состав крови телят с заболеваниями желудочно-кишечного тракта

Н.А. Пудовкин¹ , Э.Ж. Апиева² , П.В. Смутнев¹  ¹Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация²Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза Российская Федерация
 smutnev-asd@yandex.ru

Аннотация. У больных диспепсией телят установлено существенное изменение аминокислотного состава крови: значительное снижение уровней отдельных заменимых и незаменимых аминокислот. Цель исследования — оценить влияние сквашенного молозива на аминокислотный состав крови при лечении телят, больных диспепсией. Для исследования сформировали 3 группы по 10 телят суточного возраста. Первой группе животных (контрольная группа) спаивали обычное молозиво без сквашивания в течение 7 дней. Вторая и третья группы (опытные) — телята с диарейным синдромом. Второй группе телят внутримышечно вводили 2 мл Флунокса, внутривенно — Ронколейкин, 1500 МЕ/кг, а также в 1-й и 20-й день жизни телятам вводили внутримышечно Тимоген в дозе 100 мкг на животное; в вечернюю выпойку давали полную дозу молока. Третьей группе телят проводили такую же медикаментозную терапию, но в утреннюю и вечернюю выпойку давали полную дозу молозива, сквашенного Продактив Ацид SE. Применение для лечения заболевания Флунокса, Ронколейкина и Тимогена не способствовало полноценному восстановлению аминокислотного состава крови. После лечения содержание отдельных незаменимых аминокислот не достигало показателей здоровых животных. Ниже контрольных значений оказалась и общая сумма аминокислот. Добавление же сквашенного молозива в рацион телят, находившихся на лечении, приводило к восстановлению аминокислотного состава крови. У таких животных содержание отдельных незаменимых аминокислот незначительно отличалось от контрольных значений, сумма заменимых аминокислот значительно повысилась и практически достигла контрольных значений.

Ключевые слова: диспепсия, аминокислоты, молозиво, кровь, печень, метаболизм

Вклад авторов: Пудовкин Н.А. — концепция исследования, работа с литературой, проведение экспериментов, подготовка текста; Апиева Э.Ж. — проведение экспериментов, сбор материала, подготовка текста; Смутнев П.В. — работа с литературой, подготовка текста.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© Пудовкин Н.А., Апиева Э.Ж., Смутнев П.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 17 марта 2025 г., принята к публикации 14 апреля 2025 г.

Для цитирования: Пудовкин Н.А., Апиева Э.Ж., Смутнев П.В. Влияние комплексной терапии на аминокислотный состав крови телят с заболеваниями желудочно-кишечного тракта // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 227–238. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-227-238 EDN: MYLXIW

Influence of complex therapy on amino acid composition of blood in calves with gastrointestinal tract diseases

Nikolaj A. Pudovkin¹ , El'za Zh. Apieva² , Petr V. Smutnev¹  

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

²Penza State Agrarian University, Penza, Russian Federation

 smutnev-asd@yandex.ru

Abstract. Significant changes in the amino acid composition of the blood were found in calves with dyspepsia. Amino acid analysis showed a heavy decrease in the levels of specific non-essential and essential amino acids in calves with dyspepsia. The aim of the study was to evaluate the effect of fermented colostrum on the amino acid composition of blood during the treatment of calves with dyspepsia. Three groups of 10 day-old calves were formed for the study. The first group of animals (the control group) was fed regular colostrum without fermentation for 7 days. The second and third groups (experimental) were calves with diarrhea syndrome. The second group of calves was administered 2 ml of Flunex intramuscularly, Roncoleukin 1500 IU/kg intravenously, and Thymogen was administered to calves intramuscularly at a dose of 100 mcg per animal on the 1st and 20th days of life. A full dose of milk was given in the evening milk feeding. The third group of calves underwent the same drug therapy. But in the morning and evening milk feedings they were given a full dose of colostrum fermented by Productiv Acid SE. The use of Flunex, Roncoleukin, Thymogen for the treatment of the disease does not contribute to the full restoration of the amino acid composition of the blood. After treatment, the content of specific essential amino acids did not reach the levels of healthy animals. The total amount of amino acids was also below the control values. Adding fermented colostrum to the diet of calves that were undergoing treatment contributes to the restoration of the amino acid composition of the blood. The content of specific essential amino acids slightly differed from the control values in this group animals. The amount of non-essential amino acids increased significantly and almost reached the control values.

Keywords: dyspepsia, amino acids, colostrum, blood, liver, metabolism

Author contributions. Pudovkin N.A. — research concept, work with literature, experiments, text preparation; Apieva E.Zh. — experiments, collection of material, text preparation; Smutnev P.V. — work with literature, text preparation.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 17 March 2025, accepted 14 April 2025.

For citation: Pudovkin NA, Apieva EZh, Smutnev PV. Influence of complex therapy on the amino acid composition of the blood of calves with gastrointestinal diseases. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2): 227–238. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-227-238 EDN: MYLXIW

Введение

Молозиво — это первый секрет, который корова производит после инволюции молочной железы [1]. Коровье молозиво вырабатывается и накапливается на поздней стадии беременности в процессе, определяемом как колострогенеза [2]. Молозиво в основном состоит из иммуноглобулинов, которые обеспечивают иммунитет теленку в течение первых недель жизни. Кроме того, это первый источник питательных веществ для теленка при рождении, который способствует защите кишечника от патогенов [3].

Молозиво является концентрированным источником питательных веществ: содержит в 4,5 раза больше белка, в 2 раза больше жира, чем цельное молоко. Помимо лактозы, коровье молозиво также содержит небольшое количество некоторых других сахаров (например, глюкозы, фруктозы, глюкозамина и галактозамина) и олигосахаридов [4, 5].

Компоненты молозива могут различаться в зависимости от таких факторов, как порода, продолжительность сухостойного периода, рацион, возраст животного и воздействие предшествовавших заболеваний. Кроме того, факторы окружающей среды и взаимодействие молочной железы с определенными патогенами могут повышать концентрацию иммунных факторов в молоке [6].

Молозиво является источником энергии для телят в первые часы жизни, поскольку они рождаются с ограниченными запасами энергии. Только 3 % массы тела новорожденного теленка составляют липиды, и они в основном структурные, что ограничивает их доступность для метаболизма теленка. В результате телята зависят от присутствующих в материнском молозиве липидов и лактозы как источника энергии в первые часы жизни [7].

В целом материнское молозиво обеспечивает как питательные вещества, так и непитательные факторы, которые помогают иммунной системе активизироваться, способствуют созреванию кишечника и способствуют развитию органов. От качества молозива зависит здоровье теленка в первые дни жизни.

Цель исследования — оценить влияние молозива, сквашенного Продактив Ацид SE, на аминокислотный состав крови при лечении больных диспепсией телят.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в 2023–2024 гг. на кафедре ветеринарии Пензенского государственного аграрного университета, производственный опыт — в учебном хозяйстве «Рамзай».

Для исследования сформировали 3 группы по 10 телят черно-пестрой породы, суточного возраста.

Первой группе животных (контрольная группа) спаивали обычное молозиво без сквашивания в течение 7 дней.

Вторая и третья группы (опытные), телята с диарейным синдромом, основным симптомом которого является диарея, фекальные массы водянистые, желтоватого,

желтовато-зеленого или грязно-желтого цвета, кисловатого запаха, с примесью слизи или крови. Аппетит и жажда снижены или отсутствуют. Отмечается угнетение.

Второй и третьей группе телят внутримышечно вводили 2 мл Флунекса, внутривенно — Ронколейкин, 1500 МЕ/кг, и внутримышечно в 1-й и 20-й день жизни телятам вводили Тимоген, 100 мкг на животное. Телятам второй группы в вечернюю выпойку давали полную дозу молока, а телятам третьей группы в утреннюю и вечернюю выпойку давали полную дозу молозива, сквашенного Продактив Ацид SE.

Определение аминокислотного состава плазмы крови выполняли методом обращенно-фазной высокоэффективной жидкостной хроматографии с предколоночной дериватизацией *o*-фталевым альдегидом и 3-меркаптопропионовой кислотой и детектированием по флуоресценции [8].

Анализы дифференциального обилия проводили с помощью непараметрического однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) с использованием теста Крускала — Уоллиса или непараметрического *t*-теста с тестом Манна — Уитни. Статистически значимая разница принималась при $p < 0,05$.

Для оценки функционального состояния печени у больных телят и после лечения рассчитывали коэффициент Фишера. Показатель представляет собой молярное отношение аминокислот с разветвленной углеродной цепью (изолейцин, лейцин, валин) к ароматическим аминокислотам (фенилаланин, тирозин).

Результаты исследования и обсуждение

Анализ аминокислот показал значительное снижение у больных диспепсией телят уровней цистеина в 2 раза, фенилаланина на 19,5 %, гистидина на 49,5 %, лейцина на 46,5 %, метионина на 83,4 %, аспарагина на 49,0 %, пролина на 69,2 %, глутамина на 64,7 %, аргинина на 44,2 %, серина на 50,9 %, треонина на 69,6 %, аланина на 27,5 %, тирозина на 29,9 %, лизина на 11,5 %, валина на 41,5 %, триптофана на 12,4 % и изолейцина на 9,6 % по сравнению со здоровыми телятами (табл.). Не было никаких существенных различий между телятами до лечения и контрольной группой в уровнях 3 оставшихся аминокислот. Сумма заменимых аминокислот у телят до лечения была ниже на 35,3 % по сравнению с контрольной. Сумма незаменимых — на 36,1 % ниже по сравнению с контрольной. Сумма всех аминокислот у животных контрольной группы составила $2857,88 \pm 353,87$ нмоль/мл, у животных до лечения — $2107,82 \pm 195,45$ нмоль/мл, что ниже 35,6 %.

Аминокислотный состав крови телят с заболеваниями желудочно-кишечного тракта

Название аминокислоты	Контроль (1 группа)	До лечения (2 группа / 3 группа)	После лечения (2 группа / 3 группа)
Аланин	265,10 ± 23,87	207,98 ± 13,65*	276,09 ± 41,92**
		203,98 ± 17,87*	279,01 ± 18,01**
Цистеин	7,98 ± 0,96	3,98 ± 0,41*	3,76 ± 0,33**
		5,84 ± 1,33*	7,13 ± 0,16**

Окончание табл.

Название аминокислоты	Контроль (1 группа)	До лечения (2 группа / 3 группа)	После лечения (2 группа / 3 группа)
Аспарагиновая кислота	13,76 ± 1,11	18,15 ± 1,89*	14,94 ± 1,87**
		19,65 ± 2,18*	16,00 ± 1,84**
Глутаминовая кислота	100,53 ± 13,87	103,01 ± 7,98	100,96 ± 9,13
		113,98 ± 5,81*	110,03 ± 8,15
Тирозин	56,98 ± 4,31	43,86 ± 5,17*	50,65 ± 5,17**
		50,09 ± 3,81*	53,02 ± 3,17**
Глицин	310,65 ± 40,14	300,91 ± 13,98	305,91 ± 40,12
		265,91 ± 8,96	320,97 ± 23,03**
Гистидин	102,87 ± 11,12	69,01 ± 10,13*	70,94 ± 8,66**
		73,92 ± 6,15*	94,93 ± 6,10**
Аспарагин	76,09 ± 6,00	51,08 ± 6,13*	69,81 ± 7,33**
		50,09 ± 3,81*	78,63 ± 6,13**
Пролин	173,98 ± 18,05	102,83 ± 9,14*	135,09 ± 14,43**
		114,87 ± 10,03*	156,93 ± 11,95**
Глютамин	276,91 ± 30,13	168,09 ± 23,87*	207,98 ± 16,53**
		176,98 ± 9,00*	267,94 ± 8,54**
Аргинин	206,98 ± 31,09	143,51 ± 18,09*	176,09 ± 19,36**
		153,90 ± 11,65*	200,63 ± 13,16**
Серин	206,87 ± 25,91	137,09 ± 20,98*	197,76 ± 14,06**
		146,02 ± 9,91*	198,87 ± 10,66**
Сумма заменимых аминокислот	1798,70 ± 206,56	1329,50 ± 131,42*	1609,98 ± 178,91**
		1351,17 ± 87,83*	1787,91 ± 110,90
Изолейцин	111,87 ± 9,06	101,98 ± 4,32*	105,98 ± 8,61
		104,95 ± 6,52*	118,97 ± 3,14**
Лизин	147,98 ± 15,81	132,65 ± 12,12*	131,97 ± 8,13
		129,73 ± 10,06*	154,09 ± 2,17**
Лейцин	160,84 ± 21,86	109,76 ± 9,96*	142,09 ± 8,01**
		107,76 ± 5,41*	156,58 ± 7,77**
Метионин	56,92 ± 40,32	31,03 ± 4,15*	48,09 ± 5,01**
		33,73 ± 2,16*	58,76 ± 2,74**
Треонин	206,85 ± 18,09	121,98 ± 14,11*	187,09 ± 12,05**
		150,07 ± 9,19*	204,84 ± 10,06**
Валин	267,98 ± 30,91	189,42 ± 12,09*	231,87 ± 18,09**
		201,65 ± 14,87*	249,61 ± 11,632**
Триптофан	40,93 ± 4,13	36,41 ± 3,15*	39,09 ± 4,33
		35,99 ± 1,66*	40,37 ± 2,18**
Фенилаланин	65,81 ± 7,13	55,09 ± 4,13*	63,91 ± 7,31**
		52,67 ± 2,16*	75,98 ± 6,14**
Сумма незаменимых аминокислот	1059,18 ± 147,31	778,32 ± 64,03*	950,09 ± 71,54**
		816,55 ± 52,03	1059,20 ± 45,83**
Сумма аминокислот	2857,88 ± 353,87	2107,82 ± 195,45*	2560,07 ± 250,45**
		2167,72 ± 139,86*	2847,11 ± 156,73**

Примечание. * $p \leq 0,05$ – достоверность различий относительно контроля; ** $p \leq 0,05$ – достоверность различий относительно животных до лечения.

Источник: составлено Н.А. Пудовкиным, Э.Ж. Апиевой, П.В. Смутневым.

Amino acid composition of the blood of calves with gastrointestinal diseases

Amino acid name	Control (1 group)	Before treatment (2 group / 3 group)	After treatment (2 group / 3 group)
Alanine	265.10 ± 23.87	207.98 ± 13.65*	276.09 ± 41.92**
		203.98 ± 17.87*	279.01 ± 18.01**
Cysteine	7.98 ± 0.96	3.98 ± 0.41*	3.76 ± 0.33**
		5.84 ± 1.33*	7.13 ± 0.16**
Aspartic acid	13.76 ± 1.11	18.15 ± 1.89*	14.94 ± 1.87**
		19.65 ± 2.18*	16.00 ± 1.84**
Glutamic acid	100.53 ± 13.87	103.01 ± 7.98	100.96 ± 9.13
		113.98 ± 5.81*	110.03 ± 8.15
Tyrosine	56.98 ± 4.31	43.86 ± 5.17*	50.65 ± 5.17**
		50.09 ± 3.81*	53.02 ± 3.17**
Glycine	310.65 ± 40.14	300.91 ± 13.98	305.91 ± 40.12
		265.91 ± 8.96	320.97 ± 23.03**
Histidine	102.87 ± 11.12	69.01 ± 10.13*	70.94 ± 8.66**
		73.92 ± 6.15*	94.93 ± 6.10**
Asparagine	76.09 ± 6.00	51.08 ± 6.13*	69.81 ± 7.33**
		50.09 ± 3.81*	78.63 ± 6.13**
Proline	173.98 ± 18.05	102.83 ± 9.14*	135.09 ± 14.43**
		114.87 ± 10.03*	156.93 ± 11.95**
Glutamine	276.91 ± 30.13	168.09 ± 23.87*	207.98 ± 16.53**
		176.98 ± 9.00*	267.94 ± 8.54**
Arginine	206.98 ± 31.09	143.51 ± 18.09*	176.09 ± 19.36**
		153.90 ± 11.65*	200.63 ± 13.16**
Serin	206.87 ± 25.91	137.09 ± 20.98*	197.76 ± 14.06**
		146.02 ± 9.91*	198.87 ± 10.66**
Total amount of non-essential amino acids	1798.70±206.56	1329.50±131.42*	1609.98 ± 178.91**
		1351.17 ± 87.83*	1787.91 ± 110.90
Isoleucine	111.87 ± 9.06	101.98 ± 4.32*	105.98 ± 8.61
		104.95 ± 6.52*	118.97 ± 3.14**
Lysine	147.98 ± 15.81	132.65 ± 12.12*	131.97 ± 8.13
		129.73 ± 10.06*	154.09 ± 2.17**
Leucine	160.84 ± 21.86	109.76 ± 9.96*	142.09 ± 8.01**
		107.76 ± 5.41*	156.58 ± 7.77**
Methionine	56.92 ± 40.32	31.03 ± 4.15*	48.09 ± 5.01**
		33.73 ± 2.16*	58.76 ± 2.74**
Threonine	206.85 ± 18.09	121.98 ± 14.11*	187.09 ± 12.05**
		150.07 ± 9.19*	204.84 ± 10.06**
Valin	267.98 ± 30.91	189.42 ± 12.09*	231.87 ± 18.09**
		201.65 ± 14.87*	249.61 ± 11.63***

Ending tabl.

Amino acid name	Control (1 group)	Before treatment (2 group / 3 group)	After treatment (2 group / 3 group)
Tryptophan	40.93 ± 4.13	36.41 ± 3.15*	39.09 ± 4.33
		35.99 ± 1.66*	40.37 ± 2.18**
Phenylalanine	65.81 ± 7.13	55.09 ± 4.13*	63.91 ± 7.31**
		52.67 ± 2.16*	75.98 ± 6.14**
Total amount of essential amino acids	1059.18 ± 147.31	778.32 ± 64.03*	950.09 ± 71.54**
		816.55 ± 52.03	1059.20 ± 45.83**
Total amount of amino acids	2857.88 ± 353.87	2107.82 ± 195.45*	2560.07 ± 250.45**
		2167.72 ± 139.86*	2847.11 ± 156.73**

Note. * $p \leq 0.05$ – significance of differences relative to control ** $p \leq 0.05$ – significance of differences relative to animals before treatment.

Source: compiled by N.A. Pudovkin, E.Zh. Apieva, P.V. Smutnev.

После комплексного лечения установлено, что произошло снижение уровней цистеина в 2,2 раза, тирозина на 12,5 %, гистидина на 45,0 %, пролина на 28,8 %, глутамина на 33,4 %, аргинина на 17,5 %, лейцина на 13,2 %, метионина на 18,4 %, треонина на 10,6 % и валина на 15,6 % по сравнению со здоровыми телятами. Отсутствовали существенные различия между телятами до лечения и контрольной группой в уровнях 9 оставшихся аминокислот. Сумма незаменимых — ниже на 11,6 % по сравнению с контрольной. Сумма всех аминокислот у животных контрольной группы составила $2857,88 \pm 353,87$ нмоль/мл, у животных после лечения — $2560,07 \pm 250,45$ нмоль/мл, что ниже 11,6 %.

Незаменимые аминокислоты в первую очередь отвечают за стимуляцию анаболизма мышечных белков, вызванную аминокислотами. Сообщалось, что для процесса синтеза белка концентрация незаменимых аминокислоты в плазме важнее, чем их внутриклеточная концентрация. Лейцин — это аминокислота с разветвленной цепью, которая играет важную роль в синтезе белка через сигнальный путь Рапамицина млекопитающих [9]. В нашем исследовании концентрация лейцина у животных до лечения была ниже контрольного значения на 49,3 %. После спаивания сквашенного молозива концентрация этой аминокислоты вернулась к физиологическому уровню. Кроме того, аминокислоты с разветвленной цепью ингибируют деградацию белка и являются важными сигналами питательных веществ, которые действуют через прямые и косвенные эффекты. Глюкоза, вырабатываемая в печени во время голодания, преобразуется в пируват в скелетных мышцах, трансаминируется с аминокислотным соединением, полученным из аминокислот с разветвленной цепью, для производства аланина, а затем преобразуется обратно в глюкозу в печени путем глюконеогенеза [10]. Мы установили, что концентрация аланина у контрольных животных составила $265,10 \pm 23,87$ нмоль/мл, у животных до лечения этот показатель был ниже на 30,0 % относительно контрольных. После спаивания сквашенного молозива содержание аланина повыси-

лось на 36,8 % относительно животных до лечения и незначительно превысило показатель контрольных животных. Когда в организме недостаточно глюкозы, животным требуется глюконеогенез для выработки глюкозы, и предполагается, что глюконеогенез из гликогеновой аминокислоты имеет количественное значение. Диарея у телят приводит к снижению всасывания не только углеводов, но также липидов и аминокислот [11].

В нашем исследовании не было выявлено существенных различий в концентрациях плазменной цистеина, глутамина, аргинина, серина, тирозина, гистидина, изолейцина, лизина, метионина, треонина и триптофана между телятами после лечения и здоровыми.

Однако у больных животных плазменные концентрации аминокислот были значительно ниже, чем у здоровых телят: цистеина — на 36,6 %, гистидина — на 39,2 %, метионина — на 68,8 %, глутамина — на 56,5 %, аргинина — на 34,5 %, аспаргина — на 51,9 %, пролина — на 51,5 %, серина — на 41,7 %, тирозина — на 23,8 %, глицина — на 16,8 %, лизина — на 14,1 %, треонина — на 37,8 %, валина — на 32,9 %, триптофана — на 13,7 % и фенилаланина — на 24,9 %. Лимитирующая аминокислота вызывает неэффективное использование азота, и он легко истощается в организме. Метионин, лизин и треонин часто считаются лимитирующими аминокислотами у телят. Кроме того, эффективность использования аргинина и цистеина у телят была низкой относительно контрольных значений. У телят с диареей аминокислоты с низким базальным уровнем и высоким использованием в организме могут быть преимущественно истощены. Исследования других ученых доказали, что концентрации гистидина в плазме ниже при наличии воспалительных заболеваний кишечника [12].

Окислительный стресс является одним из основных факторов, нарушающих целостность барьера желудочно-кишечного тракта и увеличивающих проницаемость кишечника [13]. Цистеин и метионин наиболее восприимчивы к окислительным изменениям из-за высокой реакционной способности их сульфгидрильных групп. Кроме того, кишечнику требуется большое количество энергии для восстановления и репликации барьеров слизистой оболочки. Аргинин и глутамин являются хорошо известными источниками энергии для энтероцитов [14]. Следовательно, эти изменения аминокислот могут быть специфичны для телят с диареей, особенно с повреждением слизистой оболочки кишечника.

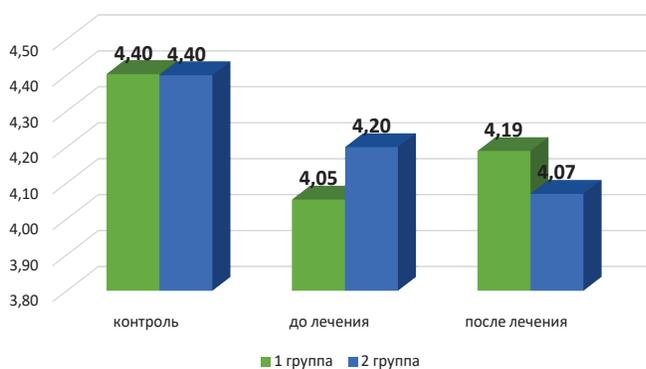
С другой стороны, в нашем исследовании установлено, что у больных животных концентрации аспарагиновой кислоты и глутаминовой кислоты в плазме были значительно выше, на 42,8 и 13,4 % соответственно, чем у здоровых телят. Хорошо известно, что гистидин, глутамин и аргинин могут быть преобразованы в глутаминовую кислоту с помощью определенных путей [15], например, через образование ряда промежуточных соединений или непосредственно из глутамина в результате дезаминирования.

В нашем исследовании изменения в аспарагиновой и глутаминовой кислоте у телят с диспепсией и нормоаминоацидезией можно было объяснить тем фактом, что деградация гистидина, глутамина и аргинина ускоряется в кишечнике при

наличии диареи, а затем полученная глутаминовая кислота преобразуется в альфа-кетоглутарат, аланин или аспарагиновую кислоту с помощью АСТ и АЛТ. Однако не было никаких существенных различий в уровнях аспарагиновой и глутаминовой кислот между телятами контрольной группы и телятами после лечения [16].

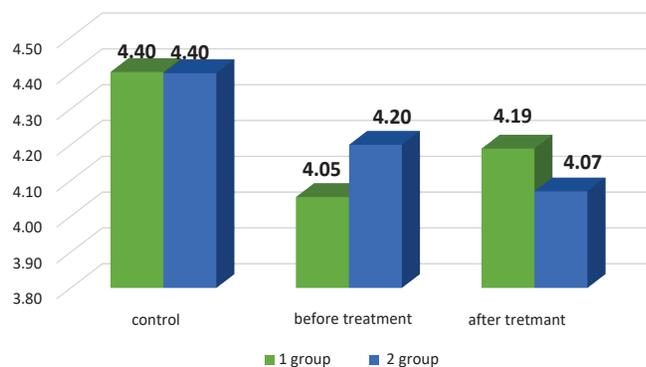
Далее мы изучили функциональное состояние печени. Колебания концентрации свободных аминокислот в плазме особенно часто наблюдаются при патологиях печени. Соотношение Фишера долгое время использовалось для анализа концентрации свободных аминокислот в плазме. Соотношение Фишера представляет собой молярное отношение аминокислот с разветвленной цепью к ароматическим аминокислотам и важно для оценки метаболизма печени, функционального резерва печени и тяжести нарушения функции печени.

Коэффициент Фишера отражает степень печеночной функциональной недостаточности (рис.). В нашем исследовании коэффициент Фишера находился в пределах физиологической нормы, следовательно, печень не вовлечена в патологический процесс.



Коэффициент Фишера у телят

Источник: составлено Н.А. Пудовкиным, Э.Ж. Апиевой, П.В. Смутневым.



Fisher coefficient in calves

Source: compiled by N.A. Pudovkin, E. Zh. Apieva, P.V. Smutnev.

Заключение

У больных диспепсией телят по сравнению со здоровыми телятами отмечается значительное снижение уровней цистеина, фенилаланина, гистидина, лейцина, метионина, аспарагина, пролина, глутамина, аргинина, серина, треонина, аланина, тирозина, лизина, валина, триптофана и изолейцина. Суммы заменимых и незаменимых аминокислот оказались ниже, чем у здоровых животных. Снизилась и общая сумма всех аминокислот. После комплексного лечения без добавления в рацион сквашенного молозива установлено снижение уровней цистеина, тирозина, гистидина, пролина, глутамина, аргинина, лейцина, метионина, треонина и валина по сравнению со здоровыми телятами из контрольной группы. Не было никаких существенных различий между телятами после лечения и контрольной группой в уровнях 9 оставшихся аминокислот. Суммы заменимых и незаменимых аминокислот, а также общая сумма аминокислот по-прежнему оставались ниже, чем у здоровых животных из контрольной группы. Таким образом, применение для лечения диспепсии телят Флунекса, Ронколейкина, Тимогена не способствует полноценному восстановлению аминокислотного состава крови. Использование совместно с традиционной терапией сквашенного молозива способствует восстановлению аминокислотного состава крови. У таких животных содержание незаменимых аминокислот незначительно отличалось от контрольных значений. Сумма заменимых аминокислот, по-прежнему оставаясь ниже контрольных значений, значительно повысилась. Весьма существенным является и то, что коэффициент Фишера находился в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об отсутствии отрицательного влияния комплексного лечения на состояние печени.

Список литературы

1. Тихонов С.Л., Данилова И.Г., Тихонова Н.В., Тихонова М.С., Поповских А.Д. Характеристика и исследование антимикробной активности пептидной фракции трипсинового гидролизата молозива коров // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2022. Т. 11. № 3 (59). С. 116–121. doi: 10.46548/21vek-2022-1159-0017 EDN: QBCOAO
2. Лозовская Д.С., Дымар О.В. Технологические аспекты термической и механической обработки молозива // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2024. Т. 17. № 1 (63). С. 46–55.
3. Горелик О.В., Федосеева Н.А., Романова Н.В., Долматова И.А. Качество молозива коров при использовании природной кормовой добавки // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (75). С. 137–140.
4. Апиева Э.Ж., Пудовкин Н.А., Генгин И.Д. Влияние сквашенного молозива на гематологические показатели телят с заболеваниями желудочно-кишечного тракта // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1. С. 88–92.
5. Ершова И.Г. Результаты исследования кормовой ценности молозива после дефростации эндогенным нагревом // Вестник НГИЭИ. 2021. № 12 (127). С. 50–61. doi: 10.24412/2227-9407-2021-12-50-61 EDN: HGGISB
6. Бакаева Л.Н., Кармаева А.С., Кармаев С.В. Влияние упитанности коров перед отелом на качество молозива первого удоя // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3. С. 50–56.
7. Семенов В.Г., Симурзина Е.П., Никитин Д.А., Караулов Р.С., Захаровский Г.В., Лузова А.В. Иммуная защита телят в зависимости от качества молозива // Ветеринарный врач. 2023. № 2. С. 33–40. doi: 10.33632/1998-698X_2023_2_33 EDN: FZOBIZ

8. Дорошенко Е.М., Снежицкий В.А., Лелевич В.В. Структура пула свободных аминокислот и их производных плазмы крови у пациентов с ишемической болезнью сердца и проявлениями хронической сердечной недостаточности // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2017. Т. 15. № 5. С. 551–556. doi: 10.25298/2221-8785-2017-15-5-551-556 EDN: YKYYNI
9. Еримбетов К.Т., Обвинцева О.В., Софронова О.В. Физиологическое значение и метаболические функции лейцина, изолейцина и валина у животных // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 4. С. 40–50. doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.4.40-50 EDN: SMEXVX
10. Dam G., Sorensen M., Buhl M., Sandahl T.D., Møller N., Ott P., Vilstrup H. Muscle metabolism and whole blood amino acid profile in patients with liver disease // *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 2015. Vol. 75. P. 674–680. doi: 10.3109/00365513.2015.1074276
11. Калужный И.И., Сеитов М.С., Терентьев А.А., Пудовкин Н.А., Дежаткина С.В., Никулин И.А., Грекалова А.Р. Эффективность глюкозо-солевых растворов для коррекции метаболических нарушений у телят при неонатальном диарейном синдроме // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (108). С. 223–229. doi: 10.37670/2073-0853-2024-108-4-223-229 EDN: JSEMGY
12. Hisamatsu T., Okamoto S., Hashimoto M., Muramatsu T., Andou A., Uo M., Kitazume M.T., Matsuoka K., Yajima T., Inoue N., Kanai T., Ogata H., Iwao Y., Yamakado M., Sakai R., Ono N., Ando T., Suzuki M., Hibi T. Novel, objective, multivariate biomarkers composed of plasma amino acid profiles for the diagnosis and assessment of inflammatory bowel disease // *PLoS One*. 2012. № 7. P. 31131. doi: 10.1371/journal.pone.0031131
13. Kaplan M., Mutlu E.A., Benson M., Fields J.Z., Banan A., Keshavarzian A. Use of herbal preparations in the treatment of oxidant-mediated inflammatory disorders // *Complement. Ther. Med*. 2007. № 15. P. 207–216. doi: 10.1016/j.ctim.2006.06.005
14. Zhang W., Xiao S., Ahn D.U. Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 2013. Vol. 53. P. 1191–1201. doi:10.1080/10408398.2011.577540
15. Wang X., Liu Y., Li S., Pi D., Zhu H., Hou Y., Shi H., Leng W. Asparagine attenuates intestinal injury, improves energy status and inhibits AMP-activated protein kinase signalling pathways in weaned piglets challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide // *British Journal of Nutrition*. 2015. Vol. 114. P. 553–565. doi: 10.1017/S0007114515001877 EDN: UQRFCT
16. Newsholme E.A., Carrié A.L. Quantitative aspects of glucose and glutamine metabolism by intestinal cells // *Gut*. 1994. Suppl. 35. P. 13–17.

References

1. Tikhonov SL, Danilova IG, Tikhonova NV, Tikhonova MS, Popovskikh AD. Characteristics and study of the antimicrobial activity of the peptide fraction of trypsin hydrolysate of bovine colostrum. *XXI century: results of the past and problems of the present plus*. 2022;11(3):116–121. (In Russ.). doi: 10.46548/21vek-2022-1159-0017 EDN: QBCO AQ
2. Lozovskaya DS, Dymar OV. Technological aspects of thermal and mechanical processing of colostrum. *Food industry: science and technology*. 2024;17(1):46–55. (In Russ.).
3. Gorelik OV, Fedoseeva NA, Romanova NV, Dolmatova IA. The quality of cow colostrum when using a natural feed additive. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2023;(4):137–140. (In Russ.).
4. Apieva EZ, Pudovkin NA, Gengin ID. Influence of fermented colostrum on hematological indicators of calves with gastrointestinal tract diseases. *Bulletin of the Kursk State Agrarian University*. 2024;(1):88–92. (In Russ.).
5. Ershova IG. Research results of the feed value of colostrum after defrosting by endogenous heating. *Bulletin of NGIEI*. 2021;(12):50–61. (In Russ.). doi: 10.24412/2227-9407-2021-12-50-61 EDN: HGGISB
6. Bakaeva LN, Karamaeva AS, Karamaev SV. Influence of cow fatness prior calving on the quality of the first lactation yield colostrum. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2020;(3):50–56. (In Russ.).
7. Semenov VG, Simurzina EP, Nikitin DA, Karaulov RS, Zakharovsky GV, Luzova AV. Immune protection of calves depending on the quality of colostrum. *The Veterinarian*. 2023;(2):33–40. (In Russ.). doi: 10.33632/1998-698X_2023_2_33 EDN: FZOBIZ
8. Doroshenko EM. Structure of the pool of free amino acids and their derivatives in blood plasma of patients with ischemic heart disease and manifestations of chronic cardiac insufficiency. *Journal of Grodno State Medical University*. 2017;15(5):551–556. (In Russ.). doi: 10.25298/2221-8785-2017-15-5-551-556 EDN: YKYYNI
9. Erimbetov KT, Obvintseva OV, Sofronova OV. Physiological significance and metabolic functions of leucine, isoleucine and valine in animals. *Problems of Productive Animal Biology*. 2021;(4):40–50. (In Russ.). doi: 10.25687/1996-6733.prodanimbiol.2021.4.40-50 EDN: SMEXVX

10. Dam G, Sorensen M, Buhl M, Sandahl TD, Moller N, Ott P, Vilstrup H. Muscle metabolism and whole blood amino acid profile in patients with liver disease. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*. 2015;75:674–680. doi: 10.3109/00365513.2015.1074276
11. Kalyuzhny II, Seitov MS, Terentyev AA, Pudovkin NA, Dezhatkina SV, Nikulin IA, Grekalova AR. Efficiency of glucose-salt solutions for the correction of metabolic disorders in calves with neonatal diarrhea syndrome. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2024;(4):223–229. (In Russ.). doi: 10.37670/2073-0853-2024-108-4-223-229 EDN: JSEMGY
12. Hisamatsu T, Okamoto S, Hashimoto M, Muramatsu T, Andou A, Uo M, Kitazume MT, Matsuoka K, Yajima T, Inoue N, Kanai T, Ogata H, Iwao Y, Yamakado M, Sakai R, Ono N, Ando T, Suzuki M, Hibi T. Novel, objective, multivariate biomarkers composed of plasma amino acid profiles for the diagnosis and assessment of inflammatory bowel disease. *PLoS One*. 2012;7:31131. doi: 10.1371/journal.pone.0031131
13. Kaplan M, Mutlu EA, Benson M, Fields JZ, Banan A, Keshavarzian A. Use of herbal preparations in the treatment of oxidant-mediated inflammatory disorders. *Complementary Therapies in Medicine*. 2007;(15): 207–216. doi: 10.1016/j.ctim.2006.06.005
14. Zhang W, Xiao S, Ahn DU. Protein oxidation: basic principles and implications for meat quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013;53:1191–1201. doi:10.1080/10408398.2011.577540
15. Wang X, Liu Y, Li S, Pi D, Zhu H, Hou Y, Shi H, Leng W. Asparagine attenuates intestinal injury, improves energy status and inhibits AMP-activated protein kinase signalling pathways in weaned piglets challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *British Journal of Nutrition*. 2015;114:553–565. doi: 10.1017/S0007114515001877 EDN: UQRFCT
16. Newsholme EA, Carrié AL. Quantitative aspects of glucose and glutamine metabolism by intestinal cells. *Gut*. 1994;35:13–17.

Об авторах:

Пудовкин Николай Александрович — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, патологии животных и биологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-т им. Петра Столыпина, д. 4, стр. 3; e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0665-1130 SPIN-код: 7309-1025

Апиева Эльза Жумабековна — доцент кафедры ветеринарии, Пензенский государственный аграрный университет, Российская Федерация, 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, д. 30; e-mail: elsa-apieva@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5422-5737 SPIN-код: 4930-8626

Смутнев Петр Владимирович — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры микробиологии и биотехнологии, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, Российская Федерация, 410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, д. 4, стр. 3; e-mail: smutnev-asd@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-8393-9336 SPIN-код: 9541-6618

About the authors:

Pudovkin Nikolay Aleksandrovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Animal Pathology and Biology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 4 Pyotr Stolypin Avenue, bldg. 3, Saratov, 410012, Russian Federation; e-mail: niko-pudovkin@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-0665-1130 SPIN-code: 7309-1025

Apieva Elza Zhumabekovna — Associate Professor of the Department of Veterinary Medicine, Penza State Agrarian University, 30 Botanicheskaya Street, Penza, 440014, Russian Federation; e-mail: elsa-apieva@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-5422-5737 SPIN-code: 4930-8626

Smutnev Petr Vladimirovich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Microbiology and Biotechnology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 4 Pyotr Stolypin Avenue, bldg. 3, Saratov, 410012, Russian Federation; e-mail: smutnev-asd@yandex.ru

ORCID: 0000-0001-8393-9336 SPIN-code: 9541-6618



Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252

EDN NPVHAA

УДК 633.854.78:630*181.8

Научная статья / Research article

Влияние погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области

Н.М. Назарова  , Д.Г. Федорова 

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

 nazarova-1989@yandex.ru

Аннотация. Описано влияние изменчивости некоторых климатических параметров в течение вегетационного сезона на выращивание подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) в Оренбургской области. Показано, что рост и развитие *Helianthus annuus* L. существенно зависит как от влажности, так и от температуры окружающей среды, однако количество этих параметров меняется со временем из-за изменения климата, которое является фактическим и продолжающимся. Ввиду этого, одним из принципов агрономии становится выявление взаимосвязей фаз фенологического развития в контексте изменчивости погодных условий, что позволяет оценить меры, направленные на адаптацию подсолнечника в конкретной зоне возделывания, своевременное принятие которых создаст возможность управления восприимчивостью сельскохозяйственного сектора и прогнозировать урожайность. Исследование основано на регистрации восьми фенологических фаз от момента посева до сбора урожая в течении трех лет и оценке влияния погодных факторов конкретного сезона как на онтогенез культуры в целом, так и на продолжительность каждой фенологической фазы в частности. По результатам наблюдений установлено, что продолжительность вегетации *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в погодно-климатических условиях Оренбуржья составляет в среднем 99 дней и определяется сроками от закладки первой и второй пар настоящих листьев до формирования семян. Достоверно определены фенологические периоды, требующие максимального увлажнения, — от посева до появления всходов и от цветения до налива семян ($r = 0,9$, уровень значимости — 90%). Данные, полученные в ходе исследования, могут использоваться фермерами и агро-

© Назарова Н.М., Федорова Д.Г., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

номами для определения оптимальных сроков посева семян масличных культур не только в Оренбуржье, но и в каждом конкретном регионе, занимающимся их производством.

Ключевые слова: *Helianthus annuus* L., вегетация, фенология, погода, климат

Вклад авторов: авторы внесли равноценный вклад в получение и обработку результатов исследования, написание статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060/>

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 16 октября 2024 г., принята к публикации 18 ноября 2024 г.

Для цитирования: Назарова Н.М., Федорова Д.Г. Влияние погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 239–252. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252 EDN: NPVHAA

The influence of climatic factors on sunflower ontogenesis in conditions of the Orenburg region

Natalia M. Nazarova  , Daria G. Fedorova 

Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

 nazarova-1989@yandex.ru

Abstract. The effect of the variability of certain climatic parameters during the growing season on the cultivation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the Orenburg region was studied. It was shown that the growth and development of *Helianthus annuus* L. are significantly influenced by both humidity and temperature, but the amount of these parameters changes over time due to the ongoing climate change. In this regard, one of the principles of agronomy is to identify relationships between the phases of phenological development in the context of changing weather conditions. It allows to assess the measures aimed at adapting sunflower to a specific cultivation zone. Timely implementation of these measures will enable us to manage the susceptibility of the agricultural sector and predict crop yields. The present study is based on registration of eight phenological phases from sowing to harvesting for three years and assessment of the influence of weather factors of a particular season on both ontogenesis of the crop in general and duration of each phenological phase in particular. According to the results of observations, it was found that the duration of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' vegetation in climatic conditions of Orenburg region was on average 99 days and is determined by the timing from the formation of the first and second pairs of true leaves to seed formation. The phenological periods requiring maximum moisture were determined — from sowing to germination and from flowering to seed filling ($r = 0.9$, the significance level is 90%). The data obtained during the study can be used by farmers and agronomists to determine the optimal timing of sowing oilseeds not only in Orenburg region, but also in each specific region engaged in their production.

Key words: *Helianthus annuus* L., vegetation, phenology, weather, climate

Authors' contribution. All authors contributed equally to obtaining and processing the research results presented in this manuscript.

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060>

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 16 October 2024; accepted 18 November 2024.

For citation: Nazarova NM, Fedorova DG. The influence of climatic factors on sunflower ontogenesis in conditions of the Orenburg region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):239–252. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252 EDN: NPVHAA

Введение

Сельское хозяйство сталкивается с «идеальным штормом» изменения климата, ростом стоимости удобрений и спроса на продовольствие со стороны населения. Эти факторы указывают на глобальный дефицит продовольствия, если эффективность и устойчивость производства сельскохозяйственных культур не будут повышены. Интенсификация сельского хозяйства сосредоточена на улучшении производства в оптимизированных условиях со значительными агрономическими затратами. Кроме того, интенсивное выращивание ограниченного числа культур резко сужает число видов растений, на которые полагаются люди. Требуется новая сельскохозяйственная парадигма, увеличивающая разнообразие культур, стабильность их урожайности и устойчивость к окружающей среде [1].

При повышении устойчивости сельскохозяйственных культур к последствиям изменения климата акцент делают на последствия изменчивости распределения осадков и температур, включая экстремальные погодные явления. Фермеры сталкиваются с неизбежными рисками, высаживая сорта, которые обеспечивают высокую урожайность и хорошее качество только при оптимальных условиях среды. Селекционеры и агрономы работают над поддержкой фермеров в конкретных целевых средах, но возросшая изменчивость климата означает, что необходимо расширить приспособляемость выращиваемых сортов и повысить стабильность урожайности, чтобы помочь минимизировать риски, вызванные климатом, и повысить устойчивость [2, 3].

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) выращивается как масличное, фиторемидиационное и декоративное растение, считается видом, не поддающимся культивированию *in vitro* [4, 5].

Изменения климата, вызванные естественными причинами или деятельностью человека, представляют угрозу для производства масличных культур во всем мире. Последние достижения в понимании их чувствительности к погоде, климату и уровням определенных газов в атмосфере указывают на то, что влияние этих факторов на урожайность и качество может быть более серьезным, чем считалось ранее. Появляется все больше информации о важности для урожайности наличия экстремальных температур, в частности засухи, на ключевых этапах онтогенеза растений [6–9].

Сельское хозяйство само по себе оказывает значительное влияние на климатическую систему, поэтому необходимо более глубокое понимание обратных связей. Для моделирования изменчивости и изменения климата, а также прогнозирования того, как сельскохозяйственные культуры будут реагировать на различные климатические переменные, требуются сложные модели. Если можно будет сделать прогнозы вероятности возникновения таких событий на предстоящий сезон или гораздо ранее, то можно будет предпринять сельскохозяйственные и другие общественные меры реагирования [10, 11].

Цель исследования — оценка влияния погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области.

Материалы и методы исследования

Объект исследования — *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ (рис. 1).



Рис. 1. *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ (фаза цветения)

Источник: составлено Н.М. Назарова.

Fig. 1. *Helianthus annuus* L. cv. ‘Poseidon 625’ (flowering stage)

Source: taken by N.M. Nazarova.

Сорт раннего срока созревания, засухоустойчив. Урожайность на уровне среднего стандарта¹. С недавнего времени возделывается на территории Оренбуржья, особенности онтогенеза в погодно-климатических условиях региона ранее не изучались.

Климат степной зоны Оренбуржья — резко-континентальный, характеризующийся недостатком осадков в период вегетации сельскохозяйственных культур [12]. Полевой опыт проводился на базе ботанического сада Оренбургского государственного университета (ОГУ) в период 2021–2023 гг. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным среднегумусным среднемощным тяжелосуглинистым. Опытные делянки — трехрядные, повторность в опытах — троекратная. Посев осуществлялся в апреле — мае ручной сеялкой с густотой высева около 60 тыс. шт./га.

Фенологические наблюдения, основанные на регистрации восьми фаз вегетации (посев, появление всходов, образование первой и второй пары настоящих листьев, закладка соцветия, цветение, формирование и налив семян), проводились с использованием методики, рекомендованной Минсельхозом РФ², с регистрацией некоторых промежуточных фенофаз, описанных рядом авторов для культуры подсолнечника [13, 14].

Среднесуточные метеорологические данные (температура, осадки, влажность) за каждый вегетационный период получены со стационарной метеостанции, расположенной на территории опытного участка. Расчет уровня влагообеспеченности проведен для каждой фазы онтогенеза по общепринятой формуле расчета ГТК. Интерпретация данных приведена в соответствии со значениями ГТК < 0,5 (условия ирригации) и ГТК > 1 (условия достаточного увлажнения) [15].

Статистическая обработка данных сведена к определению стандартных математических показателей — среднего с ошибкой и коэффициента вариации. Зависимость продолжительности фаз вегетации друг от друга и погодно-климатических условий Оренбуржья определена с применением ранговой корреляции Спирмена с использованием ПО Statistica 10.0.

Результаты исследования и обсуждение

С целью выявления степени влияния погодных условий на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья проведена оценка динамики погодных условий за период 2021–2023 гг. по ключевым параметрам: количество осадков, колебания температуры и влажности с мая по сентябрь. Отмечено неравномерное распределение осадков как по годам наблюдений, так и на протяжении ежегодного цикла фенологического развития растений. Максимум осадков, определяющийся на уровне $1,6 \pm 1,5$ мм, регистрировался в мае, минимум — $0,4 \pm 0,6$ — в августе.

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/poseydon-625-podsolnechnik> (дата обращения: 06.08.24).

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. : Минсельхоз России, 2019. 329 с.

Изменчивость показателей год от года значительна, что подтверждается высокими коэффициентами вариации. Несмотря на неравномерность выпадения осадков, влажность воздуха остается стабильной ($C_v = 14\%$) и равномерно нарастает до середины вегетации, достигая значения $53,3 \pm 7,7\%$ в июле. Затем в августе, ввиду отсутствия достаточно количества осадков, сопряженного с подъемом температуры атмосферного воздуха до $23,8 \pm 2,1\text{ }^\circ\text{C}$, влажность воздуха достигает своего минимума, равного $41,8 \pm 11,4\%$. При этом температура самого жаркого месяца характеризуется низким уровнем изменчивости по годам ($C_v = 9\%$), а влажность воздуха варьирует значительно ($C_v = 30\%$) (рис. 2).

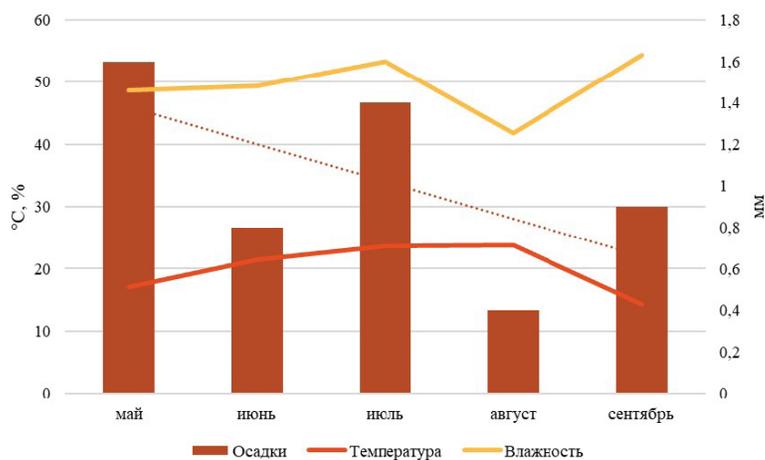


Рис. 2. Динамика погодных условий в период вегетации *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' (усредненные данные наблюдений 2021–2023 гг.)

Источник: составлено Н.М. Назарова.

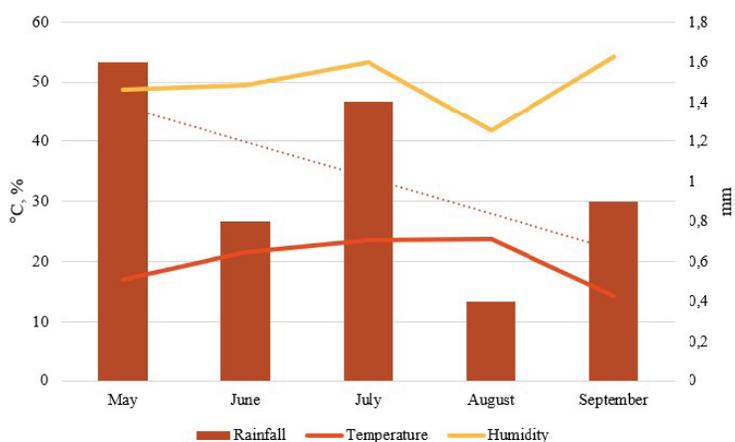


Fig. 2. Dynamics of weather conditions during the growing season of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' (average observational data 2021–2023)

Source: compiled by N.M. Nazarova.

С целью определения степени влияния климатических факторов на рост и развитие подсолнечника в условиях Оренбургской области проведены многолетние фенологические наблюдения за ходом вегетации растений от посева до сбора урожая.

На основе регистрации продолжительности межфазных периодов установлено, что количество дней, необходимых для прохождения каждой фазы, варьирует незначительно или в средней степени. Так, от момента посева до появления всходов проходит в среднем около 4 дней. Фаза от образования 2-й пары настоящих листьев до образования соцветия самая длительная по времени и занимает порядка 29 дней.

Значительно варьируют показатели ГТК и суммы осадков по фенофазам, что подтверждается высокими коэффициентами вариации в ряде фаз (от появления всходов до образования второй пары настоящих листьев и от образования соцветия до начала активного цветения) (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели фенологического развития (по продолжительности межфазных периодов) *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' по данным наблюдений за период 2021–2023 гг.

Период онтогенеза	Продолжительность, дни		Сумма осадков, мм		Сумма активных температур (> +10°), °С		Влажность, %		ГТК		Общий период вегетации	
	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %
Посев – всходы	4,3 ± 1,2	26,7	0,3 ± 0,3	75,5	85,0 ± 21,8	25,6	51,1 ± 5,4	10,7	0,04 ± 0,03	66,1	99,0 ± 17	17,0
Всходы – 1-я пара настоящих листьев	5,0 ± 1,0	20,0	5,3 ± 9,1	70,0	106 ± 27,9	26,3	36,9 ± 7,3	19,7	0,64 ± 1,1	71,0		
1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев	5,3 ± 1,2	21,7	8,5 ± 7,5	87,9	106,5 ± 18,6	17,5	55,0 ± 17,2	31,2	0,60 ± 0,1	7,6		
2-я пара настоящих листьев – образование соцветия	29 ± 2,6	9,1	36,1 ± 27,5	76,1	620,4 ± 48,1	7,8	51,9 ± 12,5	24,0	0,62 ± 0,5	84,4		
Образование соцветия – цветение	9,3 ± 3,1	32,7	11,3 ± 15,8	89,4	240,7 ± 58,9	24,5	51,1 ± 12,6	24,6	0,41 ± 0,5	82,0		
Цветение – формирование семян	12,0 ± 2,0	16,7	13,8 ± 12,1	87,5	311,9 ± 26,8	8,6	53,2 ± 9,5	17,8	0,71 ± 0,5	66,1		
Формирование семян – налив семян	10,0 ± 1,0	10,0	9,3 ± 8,1	86,4	252,4 ± 30,2	12,0	51,7 ± 3,8	7,3	0,33 ± 0,3	86,6		
Налив семян – созревание семян	31,3 ± 5,5	17,6	10,4 ± 10,0	96,0	726,1 ± 190,1	26,2	46,2 ± 8,1	17,6	0,04 ± 0,06	78,6		

Источник: составлено Н.М. Назаровой.

Table 1

Average indicators of phenological development (according to the duration of interphase periods) of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625', 2021–2023

The period of ontogenesis	Duration, days		Total precipitation, mm		Sum of active temperatures (> +10), °C		Humidity, %		Hydrothermal index		Total vegetation period	
	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %
Sowing – germination	4.3±1.2	26.7	0.3±0.3	75.5	85.0±21.8	25.6	51.1±5.4	10.7	0.04±0.03	66.1	99.0±17	17.0
Shoots – 1st pair of true leaves	5.0±1.0	20.0	5.3±9.1	70.0	106±27.9	26.3	36.9±7.3	19.7	0.64±1.1	71.0		
1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves	5.3±1.2	21.7	8.5±7.5	87.9	106.5±18.6	17.5	55.0±17.2	31.2	0.60±0.1	7.6		
2nd pair of true leaves – formation of inflorescence	29±2.6	9.1	36.1±27.5	76.1	620.4±48.1	7.8	51.9±12.5	24.0	0.62±0.5	84.4		
Formation of inflorescence – flowering	9.3±3.1	32.7	11.3±15.8	89.4	240.7±58.9	24.5	51.1±12.6	24.6	0.41±0.5	82.0		
Flowering – seed formation	12.0±2.0	16.7	13.8±12.1	87.5	311.9±26.8	8.6	53.2±9.5	17.8	0.71±0.5	66.1		
Seed formation – filling of seeds	10.0±1.0	10.0	9.3±8.1	86.4	252.4±30.2	12.0	51.7±3.8	7.3	0.33±0.3	86.6		
Filling of seeds – seedmaturation	31.3±5.5	17.6	10.4±10.0	96.0	726.1±190.1	26.2	46.2±8.1	17.6	0.04±0.06	78.6		

Source: compiled by N.M. Nazarova.

Суммы эффективных температур и влажность атмосферного воздуха остаются наиболее стабильными (C_v до 26%), что позволяет предположить, что ход активной вегетации подсолнечника определяется в большей степени именно этими погодными условиями. Общий срок вегетации изменяется по годам в средней степени значимости (C_v = 17%) и составляет в среднем 99 дней.

На основании полученных данных о ходе фенологического развития *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в условиях Оренбуржья можно определить зависимость между сроками прохождения межфазных периодов и оценить влияние каждого из них на ход вегетативного цикла подсолнечника в целом, а также достоверно оценить влияние погодно-климатических условий на прохождение фаз онтогенеза.

Период посев — всходы определяет срок закладки первой пары настоящих листьев, а также формирование и созревание семян ($r = 0,8...0,9$, 90% уровень значимости). От сроков закладки первых настоящих листьев зависит наступление фазы закладки соцветия, цветения и формирования семян. Общая продолжительность вегетации определяется сроками закладки 1-й и 2-й пар настоящих листьев, а также временным промежутком, который необходим для образования соцветия, цветения и формирования семян ($r = 0,9$, 90% уровень значимости) (табл. 2).

**Зависимость продолжительности фенофаз в ходе вегетативного цикла
Helianthus annuus L. 'Посейдон 625' (коэффициент Спирмена)**

Период онтогенеза	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Посев – всходы (1)	1								
Всходы – 1-я пара настоящих листьев (2)	0,9*	1							
1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев (3)	-0,5	0,1	1						
2-я пара настоящих листьев – образование соцветия (4)	0,1	0,5	0,9	1					
Образование соцветия – цветение (5)	0,1	0,4	0,8	0,9	1				
Цветение – формирование семян (6)	0,1	0,4	0,8	0,8	0,9	1			
Формирование семян – налив семян (7)	0,9	0,5	-0,9	-0,4	-0,5	-0,4	1		
Налив семян – созревание семян (8)	0,8	0,9	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	1	
Продолжительность вегетации (9)	0,1	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	-0,5	1

Примечание. * – жирным шрифтом выделены статистически значимые величины при $p < 0,1$.

Источник: составлено Д.Г. Федоровой.

Table 2

**Dependence of the duration of phenophases during the vegetative cycle
of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' (Spearman coefficient)**

The period of ontogenesis	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Sowing – germination (1)	1								
Shoots – 1st pair of true leaves (2)	0.9*	1							
1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves (3)	-0.5	0.1	1						
2nd pair of true leaves – formation of inflorescence (4)	0.1	0.5	0.9	1					
Formation of inflorescence – flowering (5)	0.1	0.4	0.8	0.9	1				
Flowering – seed formation (6)	0.1	0.4	0.8	0.8	0.9	1			
Seed formation – filling of seeds (7)	0.9	0.5	-0.9	-0.4	-0.5	-0.4	1		
Filling of seeds – seed maturation (8)	0.8	0.9	0.1	0.5	0.5	0.3	0.5	1	
Duration of vegetation (9)	0.1	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	-0.5	1

Note. * – statistically significant values are highlighted in bold at $p < 0.1$.

Source: compiled by D.G. Fedorova.

Усиленное увлажнение необходимо растениям подсолнечника в период посев — всходы при формировании второй пары настоящих листьев, а также от начала цветения до налива семян (r = 0,9, 90% уровень значимости). В период формирование — налив семян необходимо не только сохранение достаточной влагообеспеченности, но и высокое значение суммы накопленных эффективных температур. В период налив — созревание семян степень увлажнения как почвенного, так и атмосферного не является определяющим фактором, созревание семян зависит от суммы накопленных к этому времени активных положительных температур (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость продолжительности фаз вегетативного развития *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' от погодных условий (коэффициент Спирмена)

Фенофазы	Климатические параметры			
	Сумма осадков, мм	Сумма активных температур (> +10°), °C	Влажность, %	ГТК
Посев — всходы	0,9*	0,4	0,9	0,9
Всходы — 1-я пара настоящих листьев	0,3	0,4	0,1	0,2
1-я пара настоящих листьев — 2-я пара настоящих листьев	0,9	0,5	0,4	0,3
2-я пара настоящих листьев — образование соцветия	0,2	0,3	0,9	0,3
Образование соцветия — цветение	0,3	-0,5	0,2	0,4
Цветение — формирование семян	0,9	-0,6	0,9	0,9
Формирование семян — налив семян	0,9	0,9	0,5	0,9
Налив семян — созревание семян	-0,9	0,9	0,3	0,6

Примечание. * — жирным шрифтом выделены статистически значимые величины при p < 0,1.

Источник: составлено Д.Г. Федоровой.

Table 3

Dependence of the duration of the phases of vegetative development of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' on weather conditions (Spearman coefficient)

Phenophases	Climatic parameters			
	Total precipitation, mm	Sum of active temperatures (> +10°), °C	Humidity, %	Hydrothermal index
Sowing — germination	0.9*	0.4	0.9	0.9
Shoots — 1st pair of true leaves	0.3	0.4	0.1	0.2
1st pair of true leaves — 2nd pair of true leaves	0.9	0.5	0.4	0.3

Phenophases	Climatic parameters			
	Total precipitation, mm	Sum of active temperatures (> +10°), °C	Humidity, %	Hydrothermal index
2nd pair of real leaves – formation of inflorescence	0.2	0.3	0.9	0.3
Formation of inflorescence – flowering	0.3	-0.5	0.2	0.4
Flowering – seed formation	0.9	-0.6	0.9	0.9
Seed formation – filling of seeds	0.9	0.9	0.5	0.9
Filling of seeds – seed maturation	-0.9	0.9	0.3	0.6

* – statistically significant values are highlighted in bold at $p < 0.1$

Source: compiled by D.G. Fedorova.

По средним метеорологическим данным за 2021—2023 гг. построены климатограммы, которые позволяют визуализировать изменения ключевых погодных параметров (осадков и температуры), оказывающих непосредственное влияние на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья. Графики, отражающие динамику изменений, позволяют определить критические периоды недостатка увлажнения. За норму увлажнения в каждую фенофазу принят показатель ГТК > 1, интерпретирующийся как «достаточное увлажнение».

Весь период вегетации 2021 г. характеризовался недостаточным увлажнением на всех этапах фенологического развития. Причем фазы, требующие максимального увлажнения и определяющие продолжительность онтогенеза подсолнечника (всходы, закладка первых настоящих листьев), характеризовались условиями ирригации со значением ГТК, равным 0,06 и 0,07 соответственно. Вегетационный период в этом сезоне составил 86 дней. Причем установлено увеличение количества дней от посева до появления первых всходов и снижение продолжительности периода цветения, формирования и созревания семян.

В 2022 г. недостаток увлажнения регистрировался в момент посева и появления всходов и затем от момента закладки соцветия до сбора урожая. Вегетационный период этого сезона составил 118 дней. Удлинение вегетационного цикла произошло за счет увеличения количества дней для фаз от появления всходов до закладки соцветия ввиду достаточного увлажнения.

Вегетационный цикл 2023 г. в целом повторяет тенденцию сезона 2021 г. В фенологические фазы, в которых требовалось достаточное увлажнение, также регистрировался критический недостаток осадков, что сократило период вегетации до 93 дней (рис. 2).

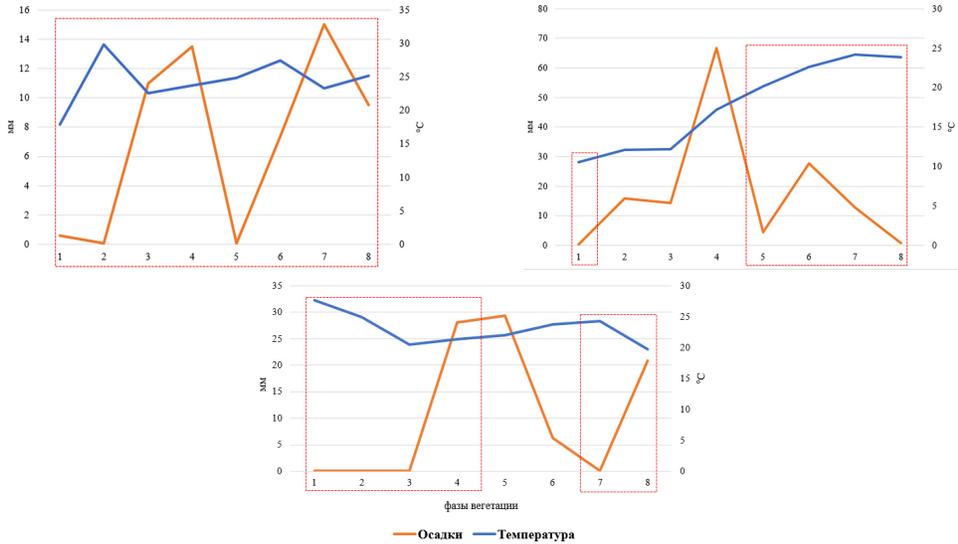


Рис. 2. Климатограммы вегетационных периодов *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’: а – 2021 г.; б – 2022 г.; в – 2023 г.; пунктиром выделены критические периоды недостатка влаги; 1 – посев – всходы; 2 – всходы – 1-я пара настоящих листьев; 3 – 1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев; 4 – 2-я пара настоящих листьев – образование соцветия; 5 – образование соцветия – цветение; 6 – цветение – формирование семян; 7 – формирование семян – налив семян; 8 – налив семян – созревание семян

Источник: составлено Н.М. Назаровой.

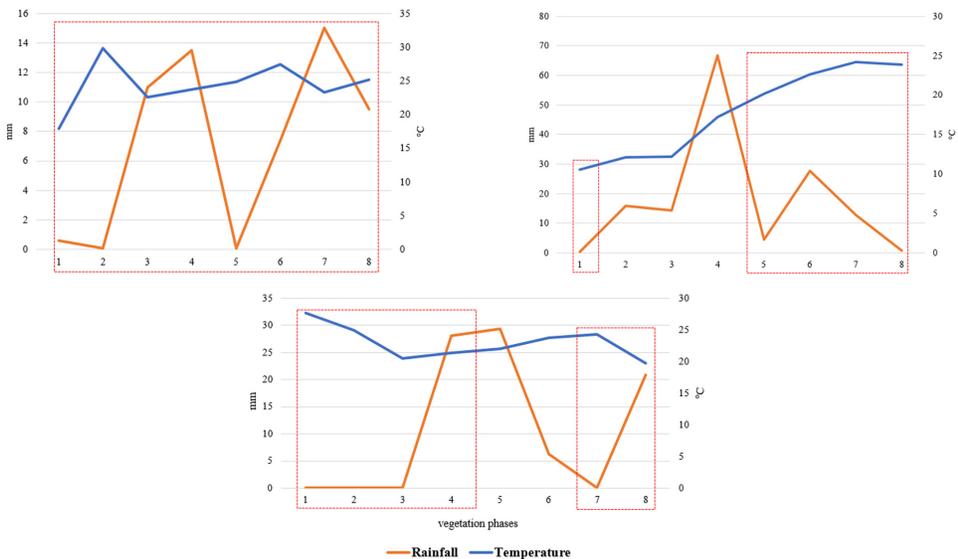


Fig. 2. Climatograms of the growing seasons of *Helianthus annuus* L. cv. ‘Poseidon 625’: a – 2021; b – 2022; c – 2023 (dotted lines highlight critical periods of moisture deficiency); 1 – sowing – germination, 2 – germination – 1st pair of true leaves, 3 – 1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves, 4 – 2nd pair of true leaves – formation of inflorescence, 5 – formation of inflorescence – flowering, 6 – flowering – seed formation, 7 – seed formation – filling of seeds, 8 – filling of seeds – seed maturation

Source: compiled by N.M. Nazarova

Заключение

По данным многолетних наблюдений установлено, что продолжительность вегетации *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ в погоднo-климатических условиях Оренбуржья составляет 99 дней. Самый длительный период онтогенеза приходится на фазы от налива семянoк до их полного созревания и составляет в среднем 31 день. Период от посева до появления всходов самый короткий и составляет в среднем 4 дня.

Выявлено, что фаза формирования настоящих листьев, а также период от закладки соцветия до цветения значительно варьируют по годам (Cv до 30%), что позволяет предположить, что именно эти фазы наиболее чувствительны к погодным условиям конкретного сезона.

Достоверно установлено, что общая продолжительность вегетационного цикла *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ определяется сроками прохождения ряда межфазных периодов — от закладки первой пары настоящих листьев до формирования семянoк ($r = 0,9$, уровень значимости — 90%).

Выявлены фенологические периоды, требующие оптимального увлажнения: от посева до появления всходов и от цветения до налива семянoк. Период созревания семянoк не требует повышенного увлажнения, поэтому условия засухи в завершении вегетации не оказывают значимого влияния на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья ($r = 0,9$, уровень значимости — 90%).

Результаты, полученные в ходе исследования, имеют высокую практическую значимость для агротехники масличных культур независимо от географии региона возделывания и могут быть приняты как руководство для оптимизации сроков посева в зависимости от влагообеспеченности почвы и атмосферного воздуха. Это позволит избежать прогнозируемых критических периодов недостатка увлажнения, что поспособствует стабилизации роста и развития растений подсолнечника и достижению максимальных показателей урожайности.

Список литературы / References

1. Abberton M, Batley J, Bentley A, Bryant J, Cai H, Cockram J, et al. Global agricultural intensification during climate change: a role for genomics. *Plant Biotechnol Journal*. 2016;14(4):1095–1098. doi: 10.1111/pbi.12467
2. Langridge P, Braun H, Hulke B, Ober E, Prasanna BM. Breeding crops for climate resilience. *Theoretical and applied genetics*. 2021;134(6):1607–1611. doi: 10.1007/s00122-021-03854-7 EDN: OCGUKS
3. Ganeva D, Tallec T, Brut A, Prikaziuk E, Tomelleri E, Koren G, et al. In-situ start and end of growing season dates of major European crop types from France and Bulgaria at a field level. *Data in Brief*. 2023;51:109623. doi: 10.1016/j.dib.2023.109623 EDN: YUFBAE
4. Radonic LM, Lewi DM, López NE, Hopp HE, Escandón AS, Bilbao ML. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: Wang K. (ed.) *Agrobacterium Protocols. Methods in Molecular Biology*. New York: Springer; 2015. p.47–55. doi: 10.1007/978-1-4939-1658-0_5
5. Lewi DM, Hopp HE, Escandón AS. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: *Methods in molecular biology*. 2006. p. 291–298. doi: 10.1385/1-59745-130-4:291
6. Beteri J, Lyimo JG, Msinde JV. The influence of climatic and environmental variables on sunflower planting season suitability in Tanzania. *Scientific reports*. 2024;14(1):3906. doi: 10.1038/s41598-023-49581-5 EDN: ISINHL
7. Qin L, Jin Y, Duan P, He H. Field-based experimental water footprint study of sunflower growth in a semi-arid region of China. *Journal of the science of food and agriculture*. 2016;96(9):3266–3273. doi: 10.1002/jsfa.7726

8. Abdallah MMS, Bakry BA, El-Bassiouny HMS, El-Monem AAA. Growth, yield and biochemical impact of anti-transpirants on sunflower plant grown under water deficit. *Pakistan journal of biological sciences*. 2020;23(4):454–466. doi: 10.3923/pjbs.2020.454.466 EDN: FQHLXG
9. Awais M, Wajid A, Saleem MF, Nasim W, Ahmad A, Raza MAS, et al. Potential impacts of climate change and adaptation strategies for sunflower in Pakistan. *Environmental science and pollution research international*. 2018;25(14):13719–13730. doi: 10.1007/s11356-018-1587-0 EDN: BXAFKG
10. Huang C, Li N, Zhang Z, Liu Y, Chen X, Wang F, et al. What is the consensus from multiple conclusions of future crop yield changes affected by climate change in China? *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(24):9241. doi: 10.3390/ijerph17249241 EDN: ZXDYSA
11. Jocković M, Jocić S, Cvejić S, Marjanović-Jeromela A, Jocković J, Radanović A, et al. Genetic improvement in sunflower breeding-integrated omics approach. *Plants*. 2021;10(6):1150. doi: 10.3390/plants10061150 EDN: WCQDIO
12. Koshulko AP. Plant crops of Orenburg region as the basic sphere of the region's economy. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020;(1):109–111. (In Russ.). doi: 10.24411/2304-6139-2020-00019 EDN: XFULLY
Кошулько А.П. Растениеводство Оренбургской области как базовая сфера экономики региона // Вестник Академии знаний. 2020. № 1 (36). С. 109–111. doi: 10.24411/2304-6139-2020-00019 EDN: XFULLY
13. Chubanova YV, Kostin VV, Andreeva NV, Bobrovich LV. Sunflower vegetation periods depending on environmental conditions. *The Education and Science Journal*. 2020;3(4):240. (In Russ.). EDN: OTONZM
Чубанова Ю.В., Костин В.В., Андреева Н.В., Бобрович Л.В. Периоды вегетации подсолнечника в зависимости от условий среды // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 240. EDN: OTONZM
14. Tkhakushinova LN, Mamsirov NI, Kozyrev AN. Influence of plant density on productivity and quality indicators of sunflower oilseeds. *New technologies*. 2023;19(1):120–129. (In Russ.). doi: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-120-129 EDN: JAWQZF
Тхакушинова Л.Н., Мамсиров Н.И., Козырев А.Х. Влияние густоты стояния растений на продуктивность и качественные показатели маслосемян подсолнечника // Новые технологии. 2023. Т. 19. № 1. С. 120–129. doi: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-120-129 EDN: JAWQZF
15. Gonova OV, Malygin AA. Formation of an agro-economic mechanism for minimizing the risks of potato production based on the introduction of modern knowledge intensive technologies. *Modern high technologies. Regional application*. 2020;(1):27–35. (In Russ.). doi: 10.23649/jae.2021.1.17.6 EDN: UILELC
Гонова О.В., Малыгин А.А. Формирование агроэкономического механизма минимизации рисков производства картофеля на основе внедрения современных наукоемких технологий // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 1 (61). С. 27–35. doi:10.23649/jae.2021.1.17.6 EDN: UILELC

Об авторах:

Назарова Наталья Михайловна — руководитель научной группы Ботанического сада, старший научный сотрудник НОЦ «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-код: 1242–9420

Федорова Дарья Геннадьевна — директор Ботанического сада, старший научный сотрудник НОЦ «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: daryaorlova24@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-код: 6805–9269

About the authors:

Nazarova Natalia Mikhailovna — Head of the scientific group of the Botanical Garden, Senior Researcher, Research Center "Biological Systems and Nanotechnology", Orenburg State University, 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation, e-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-code: 1242–9420

Fedorova Daria Gennadievna — Director of the Botanical Garden, Senior Researcher, Research Center "Biological Systems and Nanotechnology", 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation, e-mail: daryaorlova24@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-code: 6805–9269



Защита растений Plant protection

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-253-262

EDN NRKGKR

УДК 632.937.14:635.64

Научная статья / Research article

Перспективы штамма 23В78/1 *Serratia plymuthica* как агента биоконтроля для защиты томата

В.А. Платонов¹ , М.Б.Э. Нжойа¹ , А.С. Еланский¹ , Д.Н. Скоков¹ ,
С.Н. Еланский^{1, 2} , Е.М. Чудинова¹  

¹Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

 chudinova_em@pfur.ru

Аннотация. Защита томата от болезней необходима для получения высоких урожаев качественных плодов. В условиях защищенного грунта томат плодоносит до 265 дней, при этом сбор плодов производят 1 или 2 раза в неделю начиная с 60 суток после прорастания семечки у ранних сортов и 100 суток у поздних. При выращивании томата, в особенности в период плодоношения, оптимально применение биологических средств защиты, которые в отличие от химических безвредны для человека и не накапливаются в плодах. Существующие биопрепараты недостаточно эффективны против всего комплекса болезней томата, в связи с чем необходимо искать новые штаммы микроорганизмов. Приведены результаты исследования штамма 23В78/1 *Serratia plymuthica* с целью изучения перспективы его использования в качестве агента биоконтроля. Препараты на основе данного вида в Российской Федерации не зарегистрированы. Видовая идентификация определена в результате анализа видоспецифичной последовательности гена 16S рибосомной РНК и по биохимическому профилю. Антагонистическую активность в отношении фитопатогенных грибов оценивали *in vitro* методом двойных культур. Проверку фитотоксичности проводили на прорастающих семенах томата. Оценка антагонистического действия выявила эффективность в отношении фитопатогенных грибов *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium citri*, *F. incarnatum*, *F. duofalcatissporum*, *F. incarnatum*, *F. oxysporum*, *Globisporangium ultimum*, *Sclerotinia*

© Платонов В.А., Нжойа М.Б.Э., Еланский А.С., Скоков Д.Н., Еланский С.Н., Чудинова Е.М., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

sclerotiorum. Максимальный антагонистический эффект отмечен при попарном сращивании с грибом *B. cinerea*, мицелий которого рос строго в противоположную сторону от бактерии. Проращивание семян томата в присутствии штамма 23B78/1 не выявило угнетающего действия на прорастание семян и развитие молодых растений томата. Проведенная работа показывает, что штамм *Serratia plymuthica* 23B78/1 перспективен для создания биопрепарата с фунгицидным действием для защиты томата.

Ключевые слова: фитопатогены, биологическая защита растений, биопрепараты, биофунгициды

Вклад авторов: Платонов В.А. — сбор и обработка данных, поддержание коллекции; Нжойа М.Б.Э., Еланский А.С., Скоков Д.Н. — проведение экспериментов; Еланский С.Н. — анализ полученных данных, написание текста; Чудинова Е.М. — концепция и дизайн исследования, написание текста. Все авторы одобрили окончательную версию статьи.

Финансирование. Работа поддержана Российским научным фондом (грант 23-26-00069).

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 9 декабря 2024 г., принята к публикации 14 апреля 2025 г.

Для цитирования: Платонов В.А., Нжойа М.Б.Э., Еланский А.С., Скоков Д.Н., Еланский С.Н., Чудинова Е.М. Перспективы штамма 23B78/1 *Serratia plymuthica* как агента биоконтроля для защиты томата // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 253–262. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-253-262 EDN: NRKGKR

Prospects of *Serratia plymuthica* strain 23B78/1 as a biocontrol agent for tomato protection

Vladislav A. Platonov¹ , Mboum B.E. Njoya¹ , Alexander S. Elansky¹ ,
Denis N. Skokov¹ , Sergey N. Elansky^{1, 2} , Elena M. Chudinova¹  

¹RUDN University, Moscow, Russian Federation

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

✉ chudinova_em@pfur.ru

Abstract. Tomato protection from diseases is necessary to obtain high yields of quality fruits. In protected soil conditions, tomatoes bear fruit for up to 265 days, while the fruits are harvested 1 or 2 times a week starting from 60 days after seed germination for early varieties and 100 days for late varieties. When growing tomatoes, especially during the fruiting period, it is optimal to use biological pest control agents, which, unlike chemical ones, are harmless to humans and do not accumulate in the fruits. Existing biological products are not effective enough against the entire range of tomato diseases. It is necessary to look for new strains of microorganisms. This paper presents the results of the study of strain 23B78/1 *Serratia plymuthica* with the aim of exploring the prospects for its use as a biocontrol agent. Pesticides based on this species are not registered in the Russian Federation. Species identification was determined by 16S gene sequence analysis and biochemical profiling. Antagonistic activity against phytopathogenic fungi was assessed *in vitro* using double culture method. Phytotoxicity testing was carried out on germinating seeds of tomato. Evaluation of antagonistic effect revealed effectiveness against the following phytopathogenic fungi: *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum truncatum*, *Fusarium citri*, *F. incarnatum*, *F. duofalcatisporum*, *F. incarnatum*, *F. oxysporum*, *Globisporangium ultimum*, *Sclerotinia sclerotiorum*. The maximum antagonistic effect was observed during paired fusion with fungus *B. cinerea*, mycelium of which grew strictly in the opposite direction from the bacterium. Germination of tomato seeds in presence of strain 23B78/1 did not reveal any inhibitory effect on seed germination and development

of young tomato plants. The conducted research shows that the strain *Serratia plymuthica* 23B78/1 is promising for creation of biofungicide for protecting tomato plants.

Keywords: phytopathogens, biological plant protection, bioproducts, biofungicides

Authors' contribution: Platonov V.A. — data collection and processing, collection maintenance; Nzhoya M.B.E., Elansky A.S., Skokov D.N. — conducting experiments; Elansky S.N. — data analysis, writing the manuscript; Chudinova E.M. — study concept and design, writing the manuscript. All authors have read and approved the final version of the manuscript.

Funding. The study was supported by the Russian Science Foundation (grant 23-26-00069).

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

Article history: received 9 Desember 2024; accepted 14 April 2024.

For citation: Platonov VA, Njoya MBE, Elansky AS, Skokov DN, Elansky SN, Chudinova EM. Prospects of *Serratia plymuthica* strain 23B78/1 as a biocontrol agent for tomato protection. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):253–262. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-253-262 EDN: NRKGKR

Введение

Томат — чрезвычайно пластичная культура, выращиваемая повсеместно как в открытом, так и в защищенном грунте. В условиях защищенного грунта томат плодоносит до 265 дней, при этом плоды собирают 1 или 2 раза в неделю [1]. Томаты восприимчивы к болезням, при эпифитотийном развитии которых потери плодов могут достигать 80...90 % [2]. Для получения высоких урожаев качественных плодов необходимо защищать томат от болезней. Однако плоды томата используются в пищу в свежем виде, что накладывает существенные ограничения на применение химических препаратов, прежде всего из-за длительного периода ожидания. В исследовании инсектицидов и фунгицидов, применяемых для защиты томата, показано, что остаточное количество этих веществ присутствует в плодах в достаточно высокой концентрации в течение 6...8 дней после обработки [3].

Возможным решением проблемы может быть применение биологических препаратов, для которых период ожидания отсутствует или не превышает 7 суток. В этих препаратах используются живые организмы или природные биологически активные соединения, вырабатываемые организмами. Биологические препараты более экологичны, не накапливаются в окружающей среде. В каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации¹, для защиты томата от болезней зарегистрированы препараты *Bacillus subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *Pseudomonas asplenii*, *P. aureofaciens*, *Lactobacillus plantarum*, *Trichoderma harzianum*, *T. reesei*, *T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. longibrachiatum*, *T. viride*. Однако препараты, содержащие эти микроорганизмы в живом виде или продукты их жизнедеятельности, недостаточно эффективны против всего ком-

¹ Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации», издание от 2 декабря 2024 г. URL: <https://mcx.gov.ru/ministry/departments/departament-rasteniievodstva-mekhanizatsii-khimizatsii-i-zashchity-rasteniy/industry-information/info-gosudarstvennaya-uslugu-pogosudarstvennoy-registratsii-pestitsidov-i-agrokhimikatov/> (дата обращения: 04.12.2024).

плекса болезней томата. Необходимо искать новые штаммы микроорганизмов. Большой интерес в качестве потенциальных агентов биоконтроля вызывают бактерии, относящиеся к роду *Serratia*. В России не зарегистрировано ни одного препарата на основе этих бактерий. За рубежом бактерии этого рода считаются перспективными для применения в качестве агентов биоконтроля. Показано, что *S. ureilytica* штамм ILBB 145 хорошо защищает растения томата от питиозной гнили [4]. Опыты со штаммом ETR1 *S. marcescens* показали хорошие результаты для защиты растений чая [5]. *S. marcescens* (штамм с8) в лабораторных условиях показала ингибирующий эффект на рост фитопатогенных грибов [6]. Штамм MM *S. plymuthica* проявил высокую степень антагонизма по отношению к *Fusarium oxysporum*, выделенному из арбуза [7]. Выявлен и иммуностимулирующий эффект: обработка растений томата препаратом на основе штамма C2 *Serratia* sp. повышала устойчивость к вирусу PVY и осмотическому стрессу [8].

Мы исследовали антагонистическую активность и фитотоксичность штамма 23B78/1 *Serratia plymuthica* с целью оценки его использования в качестве биофунгицида для контроля грибных болезней томата.

Материалы и методы исследования

Штамм *Serratia plymuthica* был выделен из мицелия гриба *Aspergillus ochraceus* (штамм 23TaPT78), изолированного из клубня картофеля, выращенного в Таджикистане. Видовую принадлежность бактерии определяли с помощью секвенирования универсальной видоспецифичной последовательности гена 16S рибосомной РНК по праймерам (27f/1492r 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'/5'-CTACGGCTACCTTGTACGA-3') [9].

Биохимический профиль исследовали с помощью набора реагентов № 1 «Системы индикаторные бумажные для идентификации микроорганизмов» (АО «НПО» «Микроген»). Бактерии протестировали *in vitro* на антагонистическую активность против 11 фитопатогенов (табл. 1) методом двойной культуры, как описано в [10] с небольшими изменениями. В чашку Петри с картофельно-глюкозным агаром (КГА) помещали агаровый блок (5 × 5 мм) с мицелием гриба. На расстоянии 20 мм от агарового блока штрихом наносили бактерии (рис. 1). Для контроля штаммы грибов высаживали в центр свободной чашки Петри, которую инкубировали при тех же условиях, что и чашки с попарным сращиванием. Инкубировали чашки в темноте при 25 °С в течение 7 суток, после чего оценивали рост колонии гриба. Антагонистическую активность оценивали по ширине зоны ингибирования роста мицелия между колонией гриба и бактерией. Все эксперименты проводили в 3 повторностях. Для тестирования антагонистической активности использовали чистые культуры грибов из коллекции РУДН: *Alternaria solani* s.l., *Botrytis cinerea* Pers., *Colletotrichum truncatum* (Schwein.) Andrus & W.D. Moore, *Fusarium citri* M.M. Wang, Qian Chen & L. Cai, *F. incarnatum* (Desm.) Sacc., *F. duofalcatissporum* J.W. Xia, L. Lombard, Sand.-Den., X.G. Zhang & Crous, *F. incarnatum* (Desm.) Sacc.,

F. oxysporum Schldt., *Globisporangium ultimum* (Trow) Uzuhashi, Tojo & Kakish. (=Pythium ultimum), *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (табл. 1).

Таблица 1

Штаммы грибов, использованные в работе

Штамм	Вид	Источник выделения штамма	Место сбора образца
23MLTF87	<i>Alternaria solani</i>	Плод томата	Мали
T129_22MOVTL2	<i>Botrytis cinerea</i>	Плод томата	Московская область, Россия
23MLTF62	<i>Colletotrichum truncatum</i>	Плод томата	Мали
20UgTF2	<i>Fusarium citri</i>	Плод томата	Уганда
20UgTF3	<i>F. incarnatum</i>	Плод томата	Уганда
20UgLaTF7	<i>F citri</i>	Плод томата	Уганда
23MLTF61	<i>F. duofalcatisporum</i>	Плод томата	Мали
23MLTF88A	<i>F. incarnatum</i>	Плод томата	Мали
20UgLaTF4	<i>F. oxysporum</i>	Плод томата	Уганда
Pyth	<i>Globisporangium ultimum</i>	Клубень картофеля	Минская область, Белоруссия
21KTOP2	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Стебель топинамбура	Костромская область, Россия

Источник: составлено В.А. Платоновым, М.Б.Э. Нжойа, А.С. Еланским, Д.Н. Скоковым, С.Н. Еланским, Е.М. Чудиновой.

Перспективным применением биопрепаратов на основе тестируемой бактерии *Serratia plymuthica* считаем предпосадочную обработку семян, поэтому оценку фитотоксичности проводили на прорастающих семенах томата сорта «Спелый банан». Семена томата помещали в чашку Петри на фильтровальную бумагу, смоченную 10 мл суспензии бактерий в концентрации 10^3 , 10^5 и 10^7 КОЕ/мл. Для контроля использовали стерильную воду. Инкубировали чашки при фотопериодизме 16/8 день/ночь при 25 °С в течение 7 суток, после чего измеряли длину корня и ростка.

Расчет доверительного интервала среднего μ производили следующим образом:

$$\bar{X} - t \frac{S}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t \frac{S}{\sqrt{n}},$$

где \bar{X} — среднее значение; S — стандартное отклонение; n — число наблюдений; t — константа t-теста для уровня значимости 0,05. Все расчеты проводились в программе Excel 2010.

Результаты исследования и обсуждение

Из мицелия разных фитопатогенных грибов было выделено 10 штаммов бактерий разных видов. Они были протестированы на антагонистическую активность на 4 штаммах грибов видов *A. solani*, *C. truncatum*, *F. citri*, *F. oxysporum* (см. табл. 1). Штамм 23В78/1 был единственным, который оказал ингибирующее действие на рост всех тестируемых грибов, в связи с чем он был отобран для дальнейших исследований.

Определение видовой принадлежности штамма 23В78/1 по последовательности гена 16S (NCBI PQ675617) показало, что он 100 % идентичен штаммам С1 (CP053398), SWSY-3.47 (AP035790), 3Re4–18 (CP01209) *Serratia plymuthica*.

Для подтверждения видового диагноза был проведен анализ биохимического профиля штамма. По биохимическому профилю наш штамм полностью соответствовал виду *S. plymuthica* (табл. 2) [11]. По результатам обоих проведенных тестов было решено отнести изолят 23В78/1 к виду *S. plymuthica*.

Таблица 2

Биохимические свойства штамма 23В78/1

Соединение	Сахароза	Глюкоза	Мальтоза	Лактоза	Манноза	Инозит	Маннит	Образование индола
Биохимическая реакция	+	+	+	+	+	+	+	–
Фермент	Уреаза	Орнитин декарбоксилаза		Лизин декарбоксилаза		Аргинин дегидролаза		Оксидаза
Биохимическая реакция	–	–		–		–		–

Источник: составлено В.А. Платоновым, М.Б.Э. Нжойа, А.С. Еланским, Д.Н. Скоковым, С.Н. Еланским, Е.М. Чудиновой.

Оценка антагонистической активности была повторно проведена на более широком наборе штаммов фитопатогенных грибов, включающем кроме ранее протестированных *A. solani*, *C. truncatum*, *F. citri*, *F. oxysporum* еще и *B. cinerea*, *F. incarnatum*, *F. duofalcatisporum*, *F. incarnatum*, *S. sclerotiorum* и оомицет *G. ultimum*. Штамм 23В78/1 успешно сдерживал рост всех анализируемых фитопатогенных грибов (табл. 3). Самое эффективное влияние штамм оказывал на *B. cinerea*, мицелий которого рос строго в противоположную сторону от бактерии, поэтому расстояние от колонии гриба до бактерии было максимально возможным (рис. 1, 2). Также отмечено сильное влияние на рост *A. solani*, *C. truncatum*, *F. oxysporum*. Контрольный тест на рост мицелия грибов в чашке без бактерий показал быстрый рост большинства штаммов. Колонии *F. citri*, *F. oxysporum*, *G. ultimum*, *S. sclerotiorum* заняли всю поверхность агаризованной среды. *Botrytis cinerea*, *F. incarnatum*, *F. duofalcatisporum*, *F. incarnatum* также заняли почти всю площадь чашки. *Alternaria solani* и *Colletotrichum truncatum* росли несколько медленнее (табл. 3).

Влияние штамма 23В78/1 на рост фитопатогенных грибов

Видовое название	Название штамма	Название болезни, вызываемое патогеном	Ширина зоны ингибирования роста мицелия, мм	Диаметр колонии в контроле, мм
<i>Alternaria solani</i>	23MLTF87	Альтернариоз (пятнистость) листьев, сухая гниль плодов	5*	55*
<i>Botrytis cinerea</i>	22MOVTL2	Серая гниль плодов и др. органов	20	68
<i>Colletotrichum truncatum</i>	23MLTF62	Антракноз (язвы на плодах, стебле, пятна на листьях)	4	58
<i>Fusarium citri</i>	20UgTF2	Сухая гниль плодов, увядание	5	80
<i>F. incarnatum</i>	20UgTF3		4	71
<i>F. citri</i>	20UgLaTF7		5	80
<i>F. duofalcisporum</i>	23MLTF61		2	75
<i>F. incarnatum</i>	23MLTF88A		3	70
<i>F. oxysporum</i>	20UgLaTF4	Увядание, гниль корней	5	80
<i>Globisporangium ultimum</i>	Pyth	Гниль корней	3	80
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	21KTOP2	Белая гниль плодов и стеблей	7	80

Примечание. * – среднее из 3 измерений. Усреднено до целого.

Источник: составлено В.А. Платоновым, М.Б.Э. Нжойа, А.С. Еланским, Д.Н. Скоковым, С.Н. Еланским, Е.М. Чудиновой.

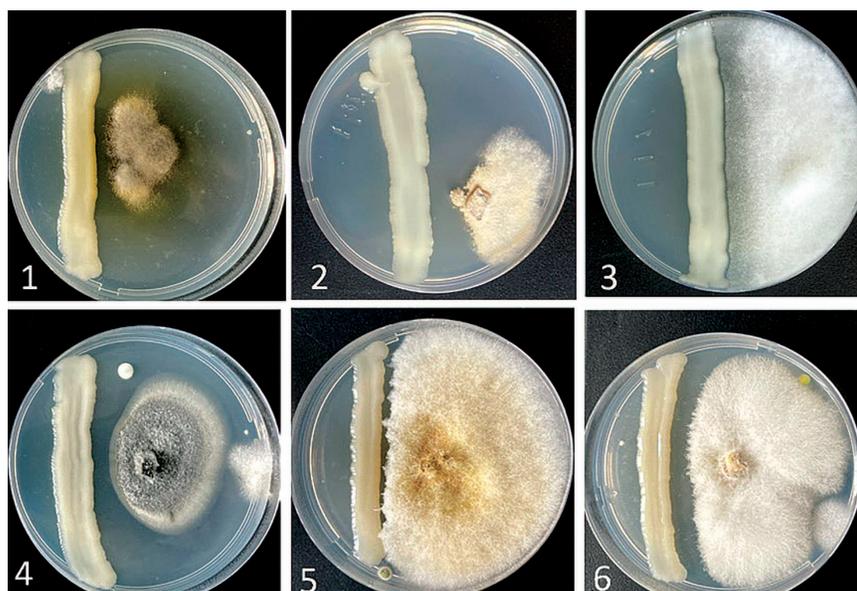


Рис. 1. Оценка антагонистической активности штамма 78/1: 1 – *Alternaria solani*; 2 – *Botrytis cinerea*; 3 – *Pythium ultimum*; 4 – *Colletotrichum truncatum*; 5 – *Fusarium citri* (20UgLaTF7); 6 – *Fusarium oxysporum*

Источник: выполнено Е.М. Чудиновой.

Оценка фитотоксичности на семенах томата показала, что присутствие бактерий в разной концентрации не угнетает прорастание и рост семян томата. Как видно на рис. 1, длина корней и побегов приблизительно одинакова и не имеет статистически достоверных отличий как в контрольном варианте, так и в присутствии бактерий, даже при их достаточно высокой концентрации (10^7 КОЕ/мл) (см. рис. 1).

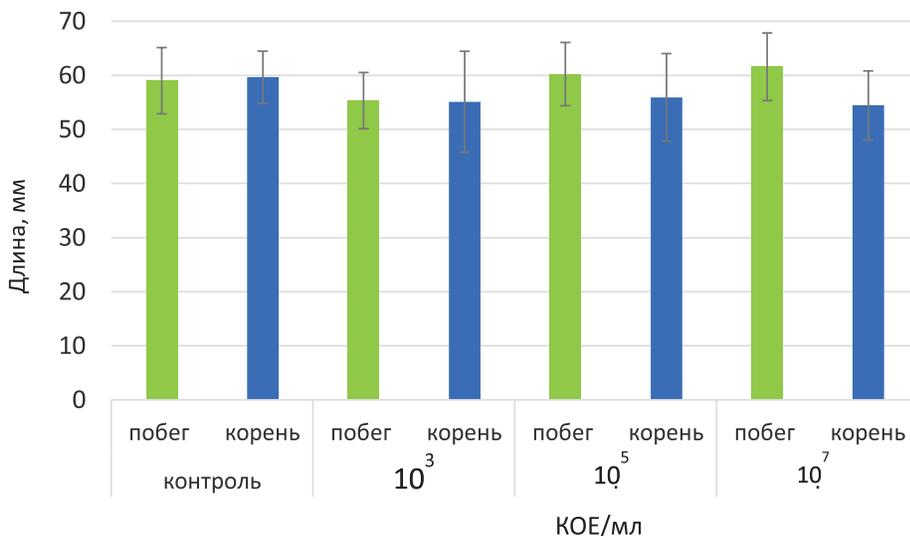


Рис. 2. Длина побега и корня томата, мм, на седьмой день после посева семян в присутствии суспензии бактерий штамма 78/1 концентрации 10^3 , 10^5 и 10^7 КОЕ/мл и без бактерий (контроль). Планки погрешностей показывают доверительный интервал среднего при уровне значимости 0,95

Источник: составлено В.А. Платоновым, М.Б.Э. Нжойа, А.С. Еланским, Д.Н. Скоковым, С.Н. Еланским, Е.М. Чудиновой.

Представителей рода *Serratia* все чаще рассматривают как агентов биоконтроля и как ростостимулирующие организмы [12]. Отмечается, что они могут синтезировать гормоны растений, фитосидерофоры, помогающие усваивать минеральные элементы растениям, продуцировать вторичные метаболиты, угнетающие рост грибов, насекомых и фитопатогенных бактерий [13–15]. В дальнейшей работе мы планируем проверить эффективность штамма 23B78/1 на растениях в закрытом грунте и на полевых делянках.

Заключение

Штамм *Serratia plymuthica* 23B78/1 показал антагонистическую активность в отношении возбудителей значимых заболеваний томата в тестах *in vitro* и не оказывал негативного влияния на прорастание семян томата и молодых растений, что позволяет рассматривать этот штамм как потенциальный агент контроля грибных

болезней томата. Поиск новых штаммов для защиты растений позволит сделать сельское хозяйство менее зависимым от применения химических средств защиты, повысит экологичность производства растительной продукции.

Список литературы

1. Bae HJ, Kim S-H, Jeong Y, Park S, Ochar K, Hong Y, et al. Optimal Planting Time for Summer Tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Cropping in Korea: Growth, Yield, and Photosynthetic Efficiency in a Semi-Closed Greenhouse. *Plants*. 2024;13(15):2116. doi: 10.3390/plants13152116 EDN: BSCUPH
2. Srinivas C, Devi DN, Murthy KN, Mohan CD, Lakshmeesha TR, Singh B, et al. *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity. A review. *Saudi journal of biological sciences*. 2019;26(7):1315–1324. doi: 10.1016/j.sjbs.2019.06.002
3. Frank R, Braun HE, Ripley BD, Pitblado R. Residues of Nine Insecticides and Two Fungicides in Raw and Processed Tomatoes. *J Food Prot*. 1991;54(1):41–46. doi: 10.4315/0362-028X-54.1.41
4. Abreo E, Valle D, González A, Altier N. Control of damping-off in tomato seedlings exerted by *Serratia* spp. strains and identification of inhibitory bacterial volatiles in vitro. *Syst Appl Microbiol*. 2021;44(2):126177. doi: 10.1016/j.syapm.2020.126177 EDN: OMPSSK
5. Dhar Purkayastha G, Mangar P, Saha A, Saha D. Evaluation of the biocontrol efficacy of a *Serratia marcescens* strain indigenous to tea rhizosphere for the management of root rot disease in tea. *PLoS One*. 2018;13(2): e0191761. doi: 10.1371/journal.pone.0191761 EDN: YEJVBB
6. Pereira ÉJMC, Amorim ÉADF, Aragão FMM, Câmara WDS, Araújo MC, Pereira CDDS, et al. Biocontrol potential of *Serratia Marcescens* (B8) and *Bacillus* sp. (B13) isolated from urban mangroves in Raposa. *Brazil Life*. 2023;13(10):2036. doi: 10.3390/life13102036 EDN: GTTLNC
7. Li Z, Ma J, Li J, Chen Y, Xie Z, Tian Y, et al. A Biocontrol Strain of *Serratia plymuthica* MM Promotes Growth and Controls Fusarium Wilt in Watermelon. *Agronomy*. 2023;13(9):2437. doi: 10.3390/agronomy13092437 EDN: ZINGFU
8. Sayahi N, Sportelli G, Carluccio AV, Ebel C, Mechichi T, Cillo F, et al. The *Serratia* sp. strain C2 confers tomato tolerance to high salt, virus infection and both stresses in combination. *Current Plant Biology*. 2024;40:100390. doi: 10.1016/j.cpb.2024.100390 EDN: KQMIWZ
9. Lane DJ. 16S/23S rRNA sequencing. In: Stackebrandt E, Goodfellow M. (eds.) *Nucleic Acid Technologies in Bacterial Systematics*. Wiley: Chichester; 1991. p.115–175.
10. Ali S, Hameed S, Shahid M, Iqbal M, Lazarovits G, Imran A. Functional characterization of potential PGPR exhibiting broad-spectrum antifungal activity. *Microbiol Res*. 2020;232:126389. doi: 10.1016/j.micres.2019.126389 EDN: DULSLK
11. Rafii F. *Serratia*. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*. Academic press; 2014. p.371–375. doi: 10.1016/B978-0-12-384730-0.00304-9 EDN: TPKQPW
12. Kulkova I, Wróbel B, Dobrzyński J. *Serratia* spp. as plant growth-promoting bacteria alleviating salinity, drought, and nutrient imbalance stresses. *Front Microbiol*. 2024;15:1342331. doi: 10.3389/fmicb.2024.1342331
13. Czajkowski R, van der Wolf JM. Draft genome sequence of the biocontrol strain *Serratia plymuthica* A30, isolated from rotting potato tuber tissue. *J Bacteriol*. 2012;194(24):6999–7000. doi: 10.1128/JB.01699-12
14. Barman S, Bhattacharya SS, Mandal NC. *Serratia*. In: *Beneficial Microbes in Agro-Ecology*. Academic Press; 2020. p.27–36. doi: 10.1016/B978-0-12-823414-3.00003-4
15. Akila AH, Ali MAS, Khairy AM, Elnahal AS, Alfassam HE, Rudayni HA, et al. Biological control of tomato bacterial leaf spots and its impact on some antioxidant enzymes, phenolic compounds, and pigment content. *Biology*. 2024;13(6):369. doi: 10.3390/biology13060369 EDN: ILLCMX

Об авторах:

Платонов Владислав Андреевич — аспирант агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: vlad97p@gmail.com
ORCID: 0009-0008-9719-5815

Нжойа Мбум Белниссе Эрика — студент агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: 1032215646@pfur.ru
ORCID: 0009-0008-4650-0971

Еланский Александр Сергеевич — аспирант агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: sasha.elansky@gmail.com
ORCID: 0000-0001-7485-7654

Скоков Денис Николаевич — студент агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: 1132236262@pfur.ru
ORCID: 0009-0006-4851-3747

Еланский Сергей Николаевич — доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник биологического факультета, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Российская Федерация, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12; профессор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: elanskiy_sn@pfur.ru
ORCID: 0000-0003-1697-1576 SPIN-код: 6827-8026

Чудинова Елена Михайловна — кандидат биологических наук, доцент агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8; e-mail: chudinova_em@pfur.ru
ORCID: 0000-0003-3157-494X SPIN-код: 6688-8116



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-263-273

EDN NSGFCO

УДК 631.87+58.071

Научная статья / Research article

Применение микробиологических препаратов при выращивании картофеля в зоне влияния металлургического производства

С.В. Иванова , И.А. Рябчикова  

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск,
Российская Федерация
 rjabchik@bk.ru

Аннотация. Проведена оценка эффективности использования микробных препаратов при выращивании картофеля в зоне влияния металлургического производства в условиях Южного Прибайкалья. Исследования выполнены на трех участках вблизи крупного промышленного производства алюминия в г. Шелехов 2015–2016 гг. Для оценки использованы микробные препараты японского (эффективные микроорганизмы (ЭМ)) и российского производства (Байкал ЭМ1, Фитоспорин). Установлено, что эффективность применения препаратов серии ЭМ и Фитоспорин в большей степени зависела от pH почв и погодных условий. Так при выращивании картофеля на слабокислых почвах с использованием препаратов серии ЭМ отмечена стабильная прибавка урожая на 14...22 %, а на щелочных почвах эффект повышения урожайности был зафиксирован менее, чем в 50 % случаев. При этом на щелочных почвах с использованием биопрепарата Фитоспорин-М получен эффект повышения урожайности картофеля на 13...22 %. При применении этого препарата на слабокислых почвах повышение урожайности на 26 % отмечено только в 2016 г. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности исследований по применению биопрепаратов при возделывании агрокультур на загрязненных территориях.

Ключевые слова: эффективные микроорганизмы, ЭМ-технология, биотехнология, ЭМ-препараты, Байкал ЭМ1, Фитоспорин-М

Вклад авторов: Иванова С.В. — концепция исследования, сбор исходных данных, написание исходного текста, статистическая обработка, итоговые выводы; Рябчикова И.А. — сбор исходных данных, статистическая обработка, доработка текста, итоговые выводы.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Препараты были приобретены авторами самостоятельно за счет собственных средств с целью научных исследований.

© Иванова С.В., Рябчикова И.А., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

История статьи: поступила в редакцию 17 января 2023 г., принята к публикации 28 февраля 2025 г.

Для цитирования: Иванова С.В., Рябчикова И.А. Применение микробиологических препаратов при выращивании картофеля в зоне влияния металлургического производства // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 263–273. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-263-273 EDN: NSGFCO

The use of microbiological agents in potato growing in the zone affected by metallurgical production

Svetlana V. Ivanova , Irina A. Ryabchikova  

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

 rjabchik@bk.ru

Abstract. The efficiency of using microbial agents for growing potatoes in the zone of influence of metallurgical production in the conditions of the Southern Baikal region was assessed. The studies were carried out at three sites near a large industrial aluminum enterprise in the city of Shelekhov in 2015–2016. Microbial agents of Japanese (EM series) and Russian production (Baikal EM1, Fitosporin) were used in the study. It was revealed that the effectiveness of Fitosporin and EM preparations depended to a greater extent on soil's pH and weather conditions. Thus, growing potatoes on slightly acidic soils using EM agents caused a stable increase in yield by 14–22%, and on alkaline soils, increasing yields were recorded in less than 50% of cases. At the same time, using Fitosporin-M bioagent on alkaline soils resulted in increasing potato yield by 13...22%. Using this bioagent on slightly acidic soils increased yield (by 26%) only in 2016. The results obtained indicate the prospects of further research on the use of biological products in the cultivation of agricultural crops in contaminated areas.

Key words: effective microorganisms, EM-technology, biotechnology, EM preparations, Baikal EM1, Fitosporin-M

Author's contribution: Ivanova S.V. — research concept; primary data collection; writing the manuscript; statistical processing of the data; final conclusions; Ryabchikova I.A. — primary data collection; statistical processing of the data; followed revision of the text; final conclusions.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests. Microbial preparations were purchased by the authors themselves at their own expense for the purpose of scientific research.

Article history: received 17 January 2023; accepted 28 February 2025.

For citation: Ivanova SV, Ryabchikova IA. The use of microbiological agents in potato growing in the zone affected by metallurgical production. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):263–273. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-263-273 EDN: NSGFCO

Введение

Современные процессы урбанизации, как правило, обуславливают высокую концентрацию близ промышленных городов населенных пунктов, в которых население выращивает плодоовощную продукцию. Уровень загрязнения почв

на таких территориях может быть достаточно высоким, особенно вблизи центров химического и металлургического производства. Применение пестицидов и минеральных удобрений способствует увеличению дополнительной антропогенной нагрузки на агропочвы. В связи с этим возникает необходимость использования современных биологических препаратов, которые могут применяться в качестве альтернативы химическим средствам защиты растений, способствуют активизации «полезной» почвенной микрофлоры [1], повышают урожайность и устойчивость растений к заболеваниям [2].

Особого внимания заслуживают препараты, которые в своем составе содержат живые культуры грибов и бактерий, в частности так называемые ЭМ-препараты на основе эффективных микроорганизмов (ЭМ). Их разработчиком считается Терау Хига (Япония), «который отобрал 86 лидирующих регенеративных штаммов, в совокупности выполняющих весь спектр функций по питанию растений, их защите от болезней и оздоровлению почвенной среды» [3]. Такой состав стал главной причиной «исключительной многофункциональности ЭМ-препаратов» [1], которые получили широкое распространение в мировой практике [4–8].

Первые научные публикации о применении российского микробного препарата Байкал ЭМ1 в России стали появляться более 20 лет назад. Как правило, положительные аспекты его использования были связаны с оздоровлением почвы, повышением урожайности и качества сельхозпродукции, отрицательные — с трудоемкостью и специфичными требованиями в процессе хранения, приготовления и применения препарата, а также с определяющим влиянием погодных условий вегетационного периода на полученный результат. Возможно, именно эти обстоятельства препятствуют широкому внедрению в сельскохозяйственное производство ЭМ-технологий.

Между тем использование микробиологических препаратов на небольших приусадебных и дачных участках практически повсеместно получило достаточно широкое распространение. Учитывая суммарную площадь этих участков и объем продукции, которую население получает на этих землях для употребления в пищу, весьма важной представляется задача изучения специфики и эффективности использования различных биотехнологий применительно к конкретным почвенно-климатическим и экологическим условиям этих территорий.

Обоснованные научные данные о применении ЭМ-препаратов на территории Восточной Сибири и Забайкалья крайне малочисленны. Вместе с тем, полученные исследователями результаты свидетельствуют об эффективности их использования при возделывании различных сельскохозяйственных растений даже в столь неблагоприятных природно-климатических условиях [9, 10].

Слабая изученность проблемы использования микробиологических препаратов в Восточной Сибири при выращивании агрокультур в условиях высокой техногенной нагрузки послужила основанием для проведения данных исследований. Наиболее широко и повсеместно возделываемой в регионе сельхозкультурой является картофель. Доказана эффективность применения ЭМ-препаратов при его выращивании в европейской части России и отдельных регионах Сибири [2, 11, 12].

Цель исследования — оценка эффективности применения микробиологических препаратов при выращивании картофеля в зоне влияния металлургического производства в условиях Южного Прибайкалья.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в загородной зоне г. Шелехова — одного из крупных индустриальных центров юга Восточной Сибири, промышленный профиль которого определяет цветная металлургия. Высокий уровень загрязнения воздуха в Шелехове связан с выбросами алюминиевого производства, что обуславливает высокий уровень загрязнения почв в городе и на прилегающих территориях. В 0,5–8 км зоне этого промышленного центра установлена чрезвычайно и высоко опасная категория гигиенического загрязнения агропочв водорастворимым фтором (средняя — 7 ПДК) и Б(а)П (средняя — 5 ПДК) [13].

Изучение эффективности использования различных биопрепаратов при выращивании картофеля проводили в 2015–2016 гг. на трех участках, расположенных в разных населенных пунктах вблизи г. Шелехова.

Первый участок находится в пойме р. Иркут на открытой местности в 1 км от реки и в двух километрах западнее города. Уровень грунтовых вод находится на глубине около 3 м. На прилегающих природных территориях преимущественно распространены луговые почвы. Почва участка — окультуренная, супесчаная, с низким содержанием органического вещества (около 3 %) и щелочной реакцией почвенного раствора ($\text{pH} = 8,4$).

Второй участок расположен в пойме р. Олхи, в 2,5 км на восток от города, характеризуется близким расположением грунтовых вод. Почва участка — техногенная, образована путем отсыпки болотных почв условно плодородными вскрышными породами из карьеров месторождения песчано-гравийной смеси с добавлением перегноя. Почва участка — малоокультуренная, супесчаная, с низким содержанием органического вещества (1 %) и слабокислой реакцией ($\text{pH} = 6,2$).

Третий участок находится на 4,5 км южнее города, расположен на южном склоне пологого холма в километре от поймы р. Олхи и характеризуется низким уровнем залегания грунтовых вод (глубина более 20 м). На прилегающих территориях под сосновым лесом распространены малоплодородные подзолистые почвы. В отличие от них, почва участка, где проводились исследования, хорошо окультуренная, с высоким содержанием органического вещества (около 11 %) и щелочной реакцией почвенного раствора ($\text{pH} = 8,2$). Почва тяжелосуглинистая, что создает плохие условия для ее аэрации.

На каждом из трех участков по одной схеме методом организованного повторения четырех вариантов в трех повторностях заложили мелкоделяночные опыты. Площадь каждой делянки под картофелем — 3 м². Посадку районированного сорта картофеля Адретта провели в оптимальные для зоны сроки, агротехника выращивания — общепринятая в регионе.

Одну делянку в течение вегетации растений поливали водой, остальные три — раствором одного из микробиопрепаратов.

Для изучения эффективности выбрали три микробиопрепарата: два российского производства — Байкал ЭМ 1 и Фитоспорин-М — и препарат ЭМ японского производства, предоставленный авторам сотрудниками лаборатории водной токсикологии НИИ биологии ИГУ.

Основными культурами японского препарата ЭМ являются штаммы молочнокислых бактерий, дрожжей и грибков, всего препарат содержит около 80 различных микробных культур.

Байкал ЭМ 1 имеет следующий состав: молочнокислые, фотосинтезирующие, азотфиксирующие бактерии, сахаромицеты, культуральная жидкость [1].

Основу препарата Фитоспорин-М, по данным производителя (ООО НВП «БашИнком»), составляют живые клетки и споры природной бактериальной культуры *Bacillus subtilis*.

Схема опыта в 2015 г.: 1-я делянка — полив водой из расчета 10 л на 3 м² (контроль); 2-я делянка — полив раствором японского ЭМ-препарата (концентрация рабочего раствора — 1:1000) из расчета 10 л на 3 м²; 3-я делянка — полив раствором Байкал ЭМ-1 (концентрация рабочего раствора — 1:1000) из расчета 10 л на 3 м²; 4-я делянка — полив раствором Фитоспорина (концентрация рабочего раствора — 1:500) из расчета 10 л на 3 м². Различия в концентрациях применяемых растворов были обусловлены рекомендациями производителей. В 2016 г. вместо японского препарата ЭМ использовали микробиопрепарат Байкал ЭМ-1 с концентрацией рабочего раствора — 1:100 из расчета 10 л на 3 м².

Полив растений препаратами проводили в вечерние часы три раза за вегетационный период с интервалом в две недели: в начале фазы бутонизации (первая декада июля), период массового цветения и созревания клубней.

Величину pH водной суспензии определяли по ГОСТ 26483–85¹, содержание органического вещества — по ГОСТ 26213–2021², оценку пораженности листьев картофеля фитопатогенами — по шкале Всероссийского научно-исследовательского института фитопатологии согласно [14]. Статистическую обработку результатов проводили по стандартным программам Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Метеорологические условия в период вегетации растений в 2015 г. были близки к среднемноголетним значениям. Визуальные наблюдения показали, что растения, обработанные биопрепаратами, меньше поражались болезнями (табл. 1) и отличались от контрольных делянок более поздним отмиранием наземной биомассы. Эту закономерность отметили на всех участках исследования.

¹ ГОСТ 26483–85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО. Режим доступа: https://normadocs.ru/gost_26483-85 (дата обращения: 30.06.2024)

² ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. Режим доступа: https://normadocs.ru/gost_26213-2021 (дата обращения 30.06.2024).

Таблица 1

Поражение растений картофеля заболеваниями в конце фазы созревания клубней за две недели до уборки урожая в 2015 г., % листовой поверхности

Варианты обработки	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Полив водой	50	75	Более 50
Полив Фитоспорин-М	Менее 25	50	50
Полив японским препаратом ЭМ	Менее 25	50	50
Полив Байкал ЭМ-1	Менее 50	Менее 75	50

Источник: составлено С.В. Ивановой, И.А. Рябчиковой.

Table 1

Potato diseases at the end of tuber maturation stage two weeks before harvesting in 2015, % of leaf surface

Treatment variants	Plot 1	Plot 2	Plot 3
Watering (control)	50	75	More 50
Application of Fitosporin-M	Less 25	50	50
Application of Japanese EM preparation	Less 25	50	50
Application of Baikal EM-1	Less 50	Less 75	50

Source: compiled by S.V. Ivanova, I.A. Ryabchikova.

Применение биопрепаратов серии ЭМ на участке 2 обусловило прибавку урожая картофеля более чем на 20 % (табл. 2). Значимую прибавку урожая клубней картофеля на уровне 70 % также получили при использовании японского биопрепарата ЭМ на участке 1. Применение биопрепарата Фитоспорин-М обеспечило прибавку урожая на щелочных почвах на участках 1 и 3 на уровне 18...20 %.

Таблица 2

Урожайность клубней картофеля, кг/куст, в 2015 г.

Варианты обработки	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Полив водой (контроль)	1,03 ± 0,07	0,38 ± 0,03	0,78 ± 0,05
Полив Фитоспорин-М	1,29 ± 0,08	0,40 ± 0,05	0,95 ± 0,06
Полив японским препаратом ЭМ (1:1000)	1,74 ± 0,08	0,48 ± 0,04	0,76 ± 0,06
Полив Байкал ЭМ-1 (1:1000)	1,07 ± 0,11	0,49 ± 0,05	0,80 ± 0,08

Источник: составлено С.В. Ивановой, И.А. Рябчиковой.

Table 2

Productivity of potato tubers, kg/plant, in 2015

Treatment variants	Plot 1	Plot 2	Plot 3
Watering (control)	1.03 ± 0.07	0.38 ± 0.03	0.78 ± 0.05
Application of Fitosporin-M	1.29 ± 0.08	0.40 ± 0.05	0.95 ± 0.06
Application of Japanese EM preparation (1:1000)	1.74 ± 0.08	0.48 ± 0.04	0.76 ± 0.06
Application of Baikal EM-1 (1:1000)	1.07 ± 0.11	0.49 ± 0.05	0.80 ± 0.08

Source: compiled by S.V. Ivanova, I.A. Ryabchikova.

В 2016 г. условия увлажнения второго периода вегетации растений существенно отличались от среднемноголетней нормы. Выпавшие в первой декаде августа атмосферные осадки значительно превысили среднемноголетний уровень. В начале второй декады августа была частично затоплена пойма реки Олхи. Участок 2 оказался в зоне подтопления, что в короткие сроки привело к полному отмиранию наземной биомассы растений и вынужденной уборке клубней картофеля на три недели раньше обычных сроков. Эффекта защиты растений от заболеваний при применении биопрепаратов в 2016 г. не наблюдалось, степень пораженности листьев картофеля заболеваниями на участках 1 и 3 перед уборкой урожая была около 75 % (табл. 3).

Таблица 3

Поражение растений картофеля заболеваниями в конце фазы созревания клубней за две недели до уборки урожая в 2015 г., % листовой поверхности

Варианты обработки	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Полив водой	75	100	Более 75
Полив Фитоспорин-М	75	100	75
Полив японским препаратом ЭМ	Менее 75	100	75
Полив Байкал ЭМ-1	75	100	75

Источник: составлено С.В. Ивановой, И.А. Рябчиковой.

Table 3

Potato diseases at the end of tuber maturation stage two weeks before harvesting in 2016, % of leaf surface

Treatment variants	Plot 1	Plot 2	Plot 3
Watering (control)	75	100	More 75
Application of Fitosporin-M	75	100	75
Application of Japanese EM preparation	Less 75	100	75
Application of Baikal EM-1	75	100	75

Source: compiled by S.V. Ivanova, I.A. Ryabchikova.

Достоверную прибавку урожая клубней при применении препарата Фитоспорин-М в 2016 г. получили на всех исследуемых участках (на уровне 13...26 %) (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность клубней картофеля, кг/куст, в 2016 г.

Варианты обработки	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Полив водой (контроль)	1,10 ± 0,02	0,36 ± 0,02	0,85 ± 0,09
Полив Фитоспорин-М	1,27 ± 0,08	0,49 ± 0,02	1,09 ± 0,10
Полив Байкал ЭМ-1 (1:1000)	1,43 ± 0,04	0,42 ± 0,03	0,90 ± 0,20
Полив Байкал ЭМ-1 (1:100)	1,02 ± 0,03	0,45 ± 0,02	1,12 ± 0,22

Источник: составлено С.В. Ивановой, И.А. Рябчиковой.

Table 4

Productivity of potato tubers, kg / plant, in 2016

Treatment variants	Plot 1	Plot 2	Plot 3
Watering (control)	1.10 ± 0.02	0.36 ± 0.02	0.85 ± 0.09
Application of Fitosporin-M	1.27 ± 0.08	0.49 ± 0.02	1.09 ± 0.10
Application of Baikal EM-1 (1: 1000)	1.43 ± 0,04	0.42 ± 0.03	0.90 ± 0.20
Application of Baikal EM-1 (1:100)	1.02 ± 0.03	0.45 ± 0.02	1.12 ± 0.22

Source: compiled by S.V. Ivanova, I.A. Ryabchikova.

Применение препарата Байкал ЭМ-1 обеспечило достоверную прибавку урожая клубней картофеля на участке 2 (на 14...20 %) при разных концентрациях рабочего раствора и на участке 1 (на 23 %) при концентрации рабочего раствора 1:1000. Каких-либо закономерностей, связанных с применением различных концентраций биопрепарата, установить не удалось. Отсутствие эффекта от применения Байкал ЭМ1 на участке 3, скорее всего, связано с неблагоприятными условиями аэрации, которые сложились на тяжелых суглинистых почвах участка в 2016 г. вследствие переувлажнения.

По данным исследователей [15], наиболее благоприятные условия для деятельности микроорганизмов складываются на слабокислых почвах при рН = 6,5, где количество бактерий достигает наибольшей величины. Из научной литературы известно, что ЭМ-препараты содержат микробиологические культуры, адаптированные к более низким значениям реакции среды [16]. Очевидно, именно поэтому стабильный эффект от применения ЭМ-препаратов наблюдался только на слабокислых почвах на участке 2. Полагаем, что на щелочных почвах для ЭМ-культур могут складываться неблагоприятные условия для жизнедеятельности, вследствие чего они не всегда могут реализовать свой потенциал.

Заключение

Результаты исследований 2015–2016 гг. показали, что в районе Южного Прибайкалья с высоким уровнем загрязнения почв в пригородной зоне крупного металлургического центра — г. Шелехова эффективность применения биопрепаратов при выращивании картофеля определялась гидротермическими условиями вегетации и сильно зависела от агрофона.

Стабильный эффект увеличения урожайности картофеля на всех участках наблюдался в годы исследования при использовании биопрепарата Фитоспорин-М (в 2015 г. до 18...20 % и в 2016 г. — 13...26 %).

Прибавку урожая клубней картофеля при использовании препаратов серии ЭМ ежегодно получали на техногенных почвах легкого механического состава со слабокислой реакцией почвенного раствора. Применение ЭМ-препаратов на щелочных почвах с высоким содержанием органического вещества за два года исследования способствовало повышению урожайности картофеля только на отдельных участках менее чем в 50 % случаев. Каких-либо закономерностей при этом установить не удалось.

Полагаем, что на щелочных почвах, преимущественно распространенных в зоне воздействия алюминиевой промышленности, наиболее целесообразным будет использование биопрепарата Фитоспорин-М, эффективность которого в меньшей степени определяется условиями агрофона, аэрации и увлажнения. Препараты серии ЭМ лучше использовать в комплексных мероприятиях, связанных с восстановлением техногенно нарушенных почв легкого механического состава с нейтральной и слабокислой реакцией почвенного раствора.

Список литературы

1. *Заболотских В.В., Танких С.Н., Васильев А.В.* Технологические подходы к детоксикации и биовосстановлению нефтезагрязненных земель // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 5 (3). С. 341–351. EDN: CZJRIY
2. *Ивенин А.В., Михалев Е.В., Магомедкаsumов А.М.* Применение биоудобрений при выращивании картофеля // *Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии*. 2012. Т. 1. С. 162–166.
3. *Куртаева Т.Н., Дуденко Г.А., Евсеева Е.А.* Использование микробиопрепаратов с эффективными микроорганизмами при возделывании огурца в условиях защищенного грунта // *Аграрный Вестник Приморья*. 2021. № 1 (21). С. 9–13. EDN: RADCGI
4. *Hu Ch., Qi Y.* Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China European // *Journal of Agronomy*. 2013. Vol. 46. P. 63–67. doi: 10.1016/j.eja.2012.12.003
5. *Quintella M.C., Mata A.M.T., Lima L.C.P.* Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils // *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 241. P. 156–166. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.04.019
6. *Блинов В.А., Иванов А.Б.* Исследование возможности использования эффективных микроорганизмов для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // *Вода и экология: проблемы и решения*. 2011. № 2 (46). С. 57–60. EDN: PLSIUH
7. *Туманян А.Ф., Тютюма Н.В., Щербакowa Н.А.* Влияние стимуляторов роста на урожайность и фракционный состав клубней различных сортов картофеля на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. 2014. № 4. С. 38–45. doi: 10.22363/2312-979X-2014-4-38-46 EDN: SYLZSN

8. Чачина С.Б., Болтунова С.В., Черкашина Н.В. Деструкция углеводов нефти с использованием микробиологических препаратов «Байкал ЭМ», «Тамир», «Восток» // Омский научный вестник. 2015. № 1. С. 221–225. EDN: UCRFGT
9. Ким Э.И., Рыкова Л.М. Влияние препарата «Байкал ЭМ-1» на урожайность и качество картофеля и белокочанной капусты // Материалы II Международной научно-практической конференции «ЭМ-технология. Реальность и перспективы», 15-19 ноября 2001 г., г. Улан-Удэ. Иваново : Изд-во Ивановской гос. сельскохозяйственной академии, 2002. С. 29–30.
10. Иванова С.В., Ивонина О.Ю. ЭМ-технология для оздоровления почвы и производства экологически чистых продуктов питания // Материалы докл. региональной научно-практической конференции «Пищевые технологии, качество и безопасность продуктов питания». Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2006. С. 134–138.
11. Забабурин В.А. Урожайность и качество картофеля в зависимости от применения препарата «Байкал ЭМ-1» // Вестник КрасГАУ. 2006. № 11. С. 90–92. EDN: KYHTZT
12. Чернов А.В., Дмитриев В.Л., Ларкин С.В. Влияние ЭМ-технологии на урожайность картофеля // Пермский аграрный вестник. 2018. № 1. С. 99–103. EDN: YTIMAJ
13. Бельх Л.И., Рябчикова И.А., Серышев В.А. и др. Оценка степени химического загрязнения почвенно-растительного покрова агроэкосистем Южного Прибайкалья // Агрохимия. 2006. № 5. С. 78–89. EDN: HVIXRD
14. Филиппов А.В. Фитофтороз картофеля // Защита и карантин растений. 2012. № 5. С. 61–68. EDN: SJTEFT
15. Кольцова О.М., Мараева О.Б. Тестирование экологического состояния черноземных почв методом микробиологической активности // Материалы I Международной конференции «Эффективные микроорганизмы — реальность и перспективы» (1-3 ноября 2000 г., г. Воронеж). Воронеж, 2001. С. 56–58. EDN: UNQOZL
16. Булгадаева Р.В., Нечесов И.А., Дранишников А.И., Шаблин П.А. К истории применения микробных землеупотребительных препаратов в сельском хозяйстве // Материалы I Международной конференции «Эффективные микроорганизмы — реальность и перспективы» (1-3 ноября 2000 г., г. Воронеж). Воронеж, 2001. С. 14–16.

References

1. Zabolotskikh VV, Tankih SN, Vasilyev AV. Technological approaches to detoxify and restore contaminated land. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2018;20(5-3):341–351. (In Russ.). EDN: CZJRIY
2. Ivenin AV, Mikhalev EV, Magomedkasumov AM. Application of biofertilizers in the cultivation of potatoes. *Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy: Vestnik of Nizhny Novgorod state agricultural academy*. 2012;(1):162–166. (In Russ.). EDN: TUUEEH
3. Kirtaeva TN, Dudenko GA, Evseeva EA. The use of microbiopreparations with effective microorganisms in cultivation of cucumber under protected ground conditions. *Agrarian Bulletin of Primorye*. 2021;(1):9–13. (In Russ.). EDN: RADCGI
4. Hu C, Qi Y. Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yields and nutrition of wheat in China European. *Journal of Agronomy*. 2013;46:63–67. doi: 10.1016/j.eja.2012.12.003
5. Quintella MC, Mata AMT, Lima LCP. Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils. *Journal of Environmental Management*. 2019;241:156–166. doi: 10.1016/j.jenvman.2019.04.019
6. Blinov VA, Ivanov AB. Study of the use of effective microorganisms for the purification of wastewater from ions of heavy metals. *Water and ecology: problems and solutions*. 2011;(2):57–60. (In Russ.). EDN: PLSIUH
7. Tumanyan AF, Tyutyuma NV, Shcherbakova NA. Influence growth stimulants on productivity and fraction of tubers of different varieties of potatoes on light-brown soils lower Volga region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2014;(4):38–45. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-979X-2014-4-38-46 EDN: SYLZSN
8. Chachina SB, Boltunova SV, Cherkashina NV. Degradation of petroleum hydrocarbons using microbial preparations "Baikal-EM", "Tамиr", "East". *Omsk Scientific Bulletin*. 2015;(1):221–225. (In Russ.). EDN: UCRFGT
9. Kim EI, Rykova LM. Influence of the preparation "Baikal EM-1" on the yield and quality of potatoes and white cabbage. In: *EM-technology. Reality and Prospects: conference proceedings*. Ivanovo; 2002. p. 29–30. (In Russ.).

10. Ivanova SV, Ivonina OY. EM technology for soil health and the production of environmentally friendly food. In: *Food technologies, food quality and safety: conference proceedings*. Irkutsk; 2006. p. 134–138. (In Russ.).
11. Zababurin VA. Potato yield and quality depending on use biofertilizer "Baikal EM-1". *Bulliten of KSAU*. 2006;(11):90–93. (In Russ.). EDN: KYHTZT
12. Chernov AV, Dimitriev VL, Larkin SV. The influence of effective microorganism (EM) technology on the yield capacity of potato. *Perm Agrarian Journal*. 2018;(1):99–103. (In Russ.). EDN: YTIMAJ
13. Belykh LI, Ryabchikova IA, Seryshev VA, Timofeeva SS, Penzina EE, Karpukova OM, et al. Assessing the chemical contamination of soil-plant cover in agroecosystems of the Southern Baikal region. *Agrohimia*. 2006;(5):78–89. (In Russ.). EDN: HVIXRD
14. Filippov AV. Late blight of potatoes. *Plant Protection and quarantine*. 2012;(5):61–68. (In Russ.). EDN: SJTEFT
15. Koltsova OM, Maraeva OB. Testing the ecological state of chernozem soils by the method of microbiological activity. In: *Effective microorganisms — reality and prospects: conference proceedings*. Voronezh; 2001. p.56–58. (In Russ.). EDN: UNQOZL
16. Bulgadaeva RV, Nechesov IA, Dranishnikova AI, Shablin PA. On the history of the use of microbial drugs in agriculture. In: *Effective microorganisms — reality and prospects: conference proceedings*. Voronezh; 2001. p.14–16. (In Russ.).

Об авторах:

Иванова Светлана Владимировна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83; e-mail: fotina.irk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2157-1817 SPIN-код: 9251-2085

Рябчикова Ирина Алексеевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83; e-mail: rjabchik@bk.ru

ORCID: 0000-0001-9242-0018 SPIN-код: 2168-5791

About the authors:

Ivanova Svetlana Vladimirovna — PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor, Department of Industrial Ecology and Life Safety, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; e-mail: fotina.irk@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2157-1817 SPIN-code: 9251-2085

Ryabchikova Irina Alekseevna — PhD in Biology, Associate Professor, Department of Industrial Ecology and Life Safety, Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov st., Irkutsk, 664074, Russian Federation; e-mail: rjabchik@bk.ru

ORCID: 0000-0001-9242-0018 SPIN-code: 2168-5791



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-274-286

EDN NUKWDH

УДК 577.21:635.655:632.651

Научная статья / Research article

Подбор оптимального метода подготовки проб *Heterodera glycines* для проведения молекулярной диагностики

А.В. Иванов  , Г.Н. Бондаренко 

Всероссийский центр карантина растений, р.п. Быково, Московская обл., Российская Федерация

 tonijons8@mail.ru

Аннотация. Проведена оптимизация методов подготовки образцов (проб) для выделения генетического материала (ДНК) из цист соевой цистообразующей нематоды *Heterodera glycines*, что необходимо для точной идентификации. Были апробированы различные модификации готовых наборов реагентов российских и зарубежных производителей: ДНК-Экстран-2, ФитоСорб, ЦитоСорб, ОРБ-ГМО-А» компании ООО «Синтол» (Россия), Проба-ГС, Проба-НК компании ООО «АгроДиагностика» и QIAamp DNA Mini Kit компании Qiagen (Германия). Путем тестирования методом ПЦР в реальном времени проверена чувствительность выделения тотальной ДНК *Heterodera glycines* с использованием тест-системы, состоящей из прямого и обратного праймеров и модифицированного зонда: SCNrF (5'-AAATCCAGGCCGCTATCTC-3'), SCNrR (5'-CGTGGACTGAACTGGACAAAG-3'), SCNrP (5'-FAM/-TGGGCTGGGTGCTTCTAGAACTTTT/-VHQ-1/-3').

Ключевые слова: соевая цистообразующая нематода, идентификация, наборы реагентов, экстракция ДНК, ПЦР в реальном времени

Вклад авторов: Иванов А.В. — проведение экспериментов, анализ и интерпретация полученных данных; Бондаренко Г.Н. — научное руководство и консультирование. Все авторы ознакомлены с окончательным вариантом статьи и одобрили его.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Авторы заявляют об отсутствии финансовой заинтересованности или интереса со стороны компаний, производящих оборудование или реагенты, использованные в настоящем исследовании. Результаты публикуются исключительно на основании научной достоверности и независимости выводов.

История статьи: поступила в редакцию 28 ноября 2024 г., принята к публикации 5 марта 2025 г.

Для цитирования: Иванов А.В., Бондаренко Г.Н. Подбор оптимального метода подготовки проб *Heterodera glycines* для проведения молекулярной диагностики // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агротомия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 274–286. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-274-286 EDN: NUKWDH

Study of optimal method of *Heterodera glycines* sample preparation for molecular diagnostics

Anton V. Ivanov  , Galina N. Bondarenko 

All-Russian Plant Quarantine Center, Bykovo, Moscow region, Russian Federation
 tonijons8@mail.ru

Abstract. In this study, it is optimized by the methods of preparing samples for the release of genetic material (DNA) from soybean cyst-forming nematode *Heterodera glycines*, which is necessary for accurate identification. Various modifications of ready-made reagent kits from Russian and foreign manufacturers were tested: DNA-Extrane-2, FitoSorb, TsytoSorb, ORB-GMO-A by Sintol LLC (Russia), Proba-GS, Proba-NK by AgroDiagnostika LLC, and QIAamp DNA Mini Kit by Qiagen (Germany). By testing the PCR method «In real time», the sensitivity of *Heterodera glycines* total DNA release was tested using a test system consisting of forward and reverse primers and a modified probe: SCNrtF (5'-AAATTCCAGGCCGCTATCTC-3'), SCNrtR (5'-CGTGGACTGAACTGAACTGGACAAAG-3'), SCNrtP (5'-FAM/-TGGGCTGGGTGCTTCTAGAACTTTT/-BHQ-1/-3').

Key words: soybean cyst nematode, identification, reagent kits, DNA extraction, real-time PCR (RT-PCR)

Authors' contribution. Ivanov A.V. — conducting experiments, analysis and interpretation of the data obtained; Bondarenko G.N. — scientific supervision and consulting. All authors read and approved the final manuscript.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest. The authors declare no financial interest or interest from companies manufacturing equipment or reagents used in the study. The results are published solely on the basis of scientific reliability and independence of the conclusions.

Article history: received 28 November 2024; accepted 5 March 2025.

For citation: Ivanov AV, Bondarenko GN. Study of optimal method of *Heterodera glycines* sample preparation for molecular diagnostics. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):274–286. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-274-286 EDN: NUKWDH

Введение

Во многих странах, где производство сои является основой сельскохозяйственной деятельности, распространена соевая цистообразующая нематода, наносящая значительный экономический ущерб урожаю сои и другим бобовым культурам [1]. В 1915 г. впервые отмечена в Японии и зарегистрирована как новый вид *Heterodera glycines* [2]. Род *Heterodera*, к которому относится соевая цистообразующая нематода *Heterodera glycines*, — самый многочисленный среди цистообразующих нематод. Существуют трудности морфологической идентификации из-за большого количества зарегистрированных видов цистообразующих нематод сильно различающейся морфологии, например, внутри группы Schachtii рода *Heterodera*, в которую входят *H. glycines*, *H. schachtii*, *H. trifolii* [3, 4]. Для профилактических способов борьбы и введения карантинных правил необходимо четкое определение

нематод. Поэтому разработаны методы экспресс-диагностики с использованием ПЦР с видоспецифичными праймерами для идентификации *Heterodera glycines*, *H. schachtii*, и эти результаты опубликованы в [5–7], метод RFLP [8–11] и метод секвенирования ДНК [9, 11].

Один из наиболее широко применяемых методов идентификации — метод ПЦР в режиме реального времени (ПЦР-РВ) — позволяет отслеживать процесс накопления продуктов реакции во время амплификации, в отличие от обычной ПЦР, где контроль проводится в конце реакции. Экономически целесообразным для этих целей может считаться ПЦР-тест, который точно анализирует множественные цисты или ювенильные особи за реакцию и достаточно чувствителен, чтобы обнаруживать даже один образец *Heterodera glycines* из общей массы, смешанной, возможно, с другими видами нематод, находящимися в почве.

Приготовление проб, экстракция ДНК, амплификация ДНК и анализ полученных данных составляют ключевые позиции метода ПЦР в режиме реального времени. Создание и совершенствование ПЦР, разработка метода расшифровки нуклеотидных последовательностей (метод секвенирования) и других методов работы с нуклеиновыми кислотами, благодаря новаторским взглядам ряда ученых, в смелых экспериментах которых стала появляться упорядоченность, привело к закономерной эволюции и новым подходам к выделению. Любые методы экстракции, основными составляющими которых являются эффективное разрушение цитоплазматических и ядерных мембран, распад белков и очистка нуклеиновых кислот от побочных продуктов экстракции, направлены на минимизацию затрат и ускоренный режим выделения. Поскольку для повышения достоверности исследования необходим чистый исходный материал, оптимально использовать нетоксичные реагенты, способствующие увеличению выхода и качеству нуклеиновых кислот.

Используемые подходы к выделению нуклеиновых кислот претерпели значительные изменения, что неизбежно способствовало развитию как традиционных, так и современных методов. Среди них можно выделить несорбционные и сорбционные методы, использующие наборы на основе силикатных частиц и анионообменных сорбентов. Продолжают применяться и более простые методы, такие как экстракция на основе органических растворителей, а также высаливание и спиртовой осадок этанолом.

При выделении ДНК на спин-колонках применяется метод твердофазной экстракции, при котором для связывания определенных молекул используется твердый материал (фильтр из силиката), позволяющий получать на выходе продукт высокого качества.

Метод выделения ДНК на магнитных частицах базируется на специфическом взаимодействии нуклеиновых кислот с магнитными частицами, модифицированными оксидами железа и кремния, что позволяет осуществить их иммобилизацию из лизата биологического материала. Последующая серия промывок обеспечивает удаление примесей, после чего очищенная ДНК элюируется для дальнейшего анализа.

Метод выделения ДНК с использованием различных лизирующих буферов, протеиназы К и органических растворителей. Данный метод, существующий в ряде модификаций, прост и надежен, но и наиболее трудоемкий.

Для успешного выделения ДНК необходимы качественные наборы реагентов, обеспечивающие максимальную эффективность процесса и минимальные потери целевого продукта. **Целью исследования** были выявление и апробация передовых и более современных методов экстракции ДНК для повышения эффективности производственного процесса во время диагностики тестируемых образцов нематод с применением реактивов российского и импортного производства. Осуществлен сопоставительный анализ коммерческих наборов российского и импортного производства с целью оценки их эффективности при выделении нуклеиновых кислот из тканей соевой нематоды *Heterodera glycines* для постановки ПЦР в реальном времени.

Материалы и методы исследования

Осуществляли тестирование наборов для экстракции ДНК, чтобы определить, какой из них может давать результат наилучшего качества для дальнейшей диагностики.

При проведении экспериментов ДНК из образцов соевой цистообразующей нематоды *Heterodera glycines* коллекции лаборатории гельминтологии ФГБУ «ВНИИКР» экстрагировали ДНК с использованием следующих 7 готовых наборов реагентов (НР) российского и импортного производства:

– НР «*CytoSorb/CytoSorb*», принцип действия которого основан на лизисе супернатанта в присутствии гидрохлорида гуанидина (GuHCl), с последующей сорбцией нуклеиновых кислот на кремниевых частицах в присутствии высокой концентрации солей натрия (Каталог № EW-001 компании ООО «Синтол», Россия; <https://www.syntol.ru/>);

– НР «*СОРБ-ГМО-А*», принцип действия которого состоит в лизисе надосадочной жидкости в присутствии ионного детергента ЦТАБ (цетил-триметиламмония бромид) и в дальнейшей депротеинизации хлороформом (CHCl_3) с последующим осаждением нуклеиновых кислот на кремниевый сорбент в присутствии солей гуанидина (Каталог № GM-502-50 компании ООО «Синтол», Россия; <https://www.syntol.ru/>);

– НР «*ФитоСорб*» для выделения ДНК и РНК из растительного материала. Метод выделения основан на сорбции ДНК и РНК на покрытых силикагелем магнитных частицах с последующим осаждением преципитирующим реагентом (Каталог № PH-520 компании ООО «Синтол», Россия; <https://www.syntol.ru/>);

– НР «*ДНК-Экстран-2*» предназначен для выделения ДНК с использованием лизирующего буфера и протеиназы К, которая способствует разрушению белковых компонентов. Очистка от белков осуществляется без применения органических растворителей. Извлечение ДНК из очищенного раствора производится с помощью изопропилового спирта, где гликоген используется как соосадитель,

согласно инструкции производителя. Данный метод представляется наиболее оптимальным, так как позволяет использовать уже готовый набор, с успехом применяемый в других областях, в т.ч. в медицине. Производитель рекомендует выделять ДНК с биомассы 5...10 мг замороженной ткани, поскольку биомасса нематод значительно меньше, есть возможность сократить объем реактивов, рекомендуемый производителем. Эта модификация выделения ДНК была успешно применена в нашем исследовании (Каталог № EX-511 компании ООО «Синтол», Россия; <https://www.syntol.ru/>);

– НР «Проба-ГС»: метод основан на использовании для лизиса клеток сильного хаотропного агента — гуанидина тиоционата (GuSCN) и последующей сорбции ДНК на носителе (стеклянные бусы, диатомовая земля и т.д.). После отмывок в пробе остается ДНК, сорбированная на носителе, с которого она легко снимается с помощью элюирующего раствора (Каталог № P-091/2 компании ООО «АгроДиагностика», Россия; <https://www.agrodiagnostica.com/>);

– комплект реагентов для выделения нуклеиновых кислот из растительной ткани «Проба-НК» основан на лизисе супернатанта с последующим тотальным осаждением нуклеиновых кислот спиртами (Каталог № P-090/2 компании ООО «АгроДиагностика», Россия; <https://www.agrodiagnostica.com/>);

– зарубежный НР *QIAamp DNA Mini Kit* (Qiagen, Германия). Удобный формат набора обеспечивает выделение высококачественной, готовой к использованию ДНК и сочетает в себе селективные связывающие свойства мембраны на основе диоксида кремния с гибкими объемами элюирования от 20 до 100 мкл. Технология *QIAamp DNA Micro* позволяет с помощью быстрых спин-колоночных или вакуумных процедур получать геномную и митохондриальную, бактериальную, паразитарную или вирусную ДНК из небольших образцов, готовых к использованию в процедурах ПЦР (<https://qiagen.com>).

Для точного анализа методом ПЦР в реальном времени крайне важно использовать образец высокого качества ввиду того, что его чистота и концентрация напрямую влияют на надежность полученных данных, а используемый метод выделения должен минимизировать потери нуклеиновых кислот и обеспечивать высокую чувствительность анализа.

Выделение ДНК нематод проводили с использованием разных наборов реагентов, каждый из которых был протестирован в пяти повторностях. Эффективность извлечения и качество полученной ДНК проверяли методом ПЦР в реальном времени на амплификаторе CFX96 Touch Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad, США) и учитывали уровень флуоресценции тестируемых образцов.

В тестировании использовали тест-систему, состоящую из праймеров и зонда длиной 83 п.н., основанных на геномной последовательности SCN-SCAR-маркера длиной 477 п.н., включая прямой праймер SCNF1 и обратный праймер SCNRI [12]. Прямой праймер SCNrtF (5'-AAATTCAGGCCGCTATCTC-3': содержание GC: 50,0 %, температура плавления: 54,9 °C) и обратный праймер SCNrtR (5'-CGTGGACTGAACTGGACAAAG-3': содержание GC: 52,4 %, температура плавления: 55,9 °C). Зонд с двойным гашением SCNrtP (5'-/-FAM/TGGGCTGGG/

ZEN/TGCTTCTAGAACTTTT/3IABkFQ/-3': содержание GC: 48,0 %, температура плавления: 60,5 °C) [13].

Зонд был модифицирован на 5' конце флуоресцентным красителем FAM, а на 3' конце гасителем флуоресценции BHQ-1.

Набор из видоспецифичных олигонуклеотидных праймеров и зонда был синтезирован в компании ЗАО «Евроген» (Россия) и получен в лиофилизированном виде. Согласно рекомендациям производителя, он был ресуспендирован до конечной концентрации 100 пикомолей на микролитр (pmol/μl).

Условия проведения ПЦР-РВ, необходимые для амплификации фрагментов ДНК с помощью специфичных праймеров и флуоресцентного зонда, и состав реакционной смеси приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия амплификации и состав реакционной смеси

Этап	Температура, °C	Время	Количество циклов
Предварительная денатурация	95	2 мин	1
Денатурация	95	10 с	50
Отжиг праймеров (с детекцией флуоресценции по каналу FAM)	62	45 с	
Состав реакционной смеси		Объем компонента на 1 образец, мкл	
5X qPCRmix-HS ЗАО «Евроген»		5	
Прямой праймер SCNrtF (10 пикомоль/мкл)		1	
Обратный праймер SCNrtR (10 пикомоль/мкл)		1	
Зонд SCNrtP (5 пикомоль/мкл)		1	
Деионизированная вода		16	
ДНК-матрица		1	

Источник: выполнено А.В. Ивановым.

Table 1

Amplification conditions and the composition of the reaction mixture

Stage	Temperature, °C	Time	Cycles
Initial denaturation	95	2 min	1
Denaturation	95	10 secs	50
Anneal primers (with fluorescence detection in the FAM channel)	62	45 secs	
The composition of the reaction mixture		Volume of component per sample, μl	
5X qPCRmix-HS Eurogen		5	
Forward primer SCNrtF (10 pmol/μl)		1	
Reverse primer SCNrtR (10 pmol/μl)		1	
Probe SCNrtP (5 pmol/μl)		1	
Sterile dH2O		16	
DNA sample		1	

Source: compiled by A.V. Ivanov.

После окончания амплификации рассчитывали значение порогового цикла (C_t — threshold cycle). Определение величины порогового цикла основано на построении стандартного графика, отражающего прямую зависимость между значением C_t и первоначальной концентрацией ДНК. Установлено, что между количеством ДНК нематоды в образце и значением порогового цикла существует обратно-пропорциональная зависимость: чем выше значение C_t и дольше сигнал флуоресценции достигает пороговой отметки, тем меньше ДНК присутствует в пробе, тогда как низкое значение C_t указывает на большое количество ДНК в образце [14].

Определение количества нуклеиновых кислот в растворе осуществлялся методом, который основывается на их характерной особенности интенсивно поглощать ультрафиолетовый свет на длине волны 260 нм. Интенсивность поглощения прямо пропорциональна количеству присутствующей ДНК, позволяя точно оценить ее концентрацию. Показатель оптической плотности при 260/280 нм, являясь индикатором для высококачественной ДНК, должен находиться в диапазоне значений 1,8...2,2. Более низкий показатель может указывать на наличие значительных количеств белковых примесей, фенолов или других контаминантов, которые сильно поглощают свет при 280 нм, что говорит о возможном загрязнении образца остатками веществ после процесса экстракции.

Результаты исследования и обсуждение

Важнейшей целью экстрагирования высокоочищенной ДНК является получение препаратов требуемой чистоты с одновременной минимизацией потерь нуклеиновых кислот. Степень очистки выделенных препаратов ДНК и их концентрацию определяли спектрофотометрическим методом на анализаторе NanoDrop (фирмы Thermo Fisher Scientific, США). Для каждого тестируемого набора реагентов и образца измеряли количество очищенной ДНК (табл. 2).

Таблица 2

Определение концентрации ДНК, выделенной из *Heterodera glycines*

№ п/п	Набор реагентов	Образец	Концентрация, мкг/мкл	Отношение 260/280 нм
1	ДНК-Экстран-2 (Синтол)	<i>H. glycines</i> (1)	6,5	1,94
2		<i>H. glycines</i> (2)	3,1	1,88
3		<i>H. glycines</i> (3)	3,7	1,91
4		<i>H. glycines</i> (4)	5,6	1,87
5		<i>H. glycines</i> (5)	3,5	1,81
6	Сорб-ГМО-А (Синтол)	<i>H. glycines</i> (6)	2,5	1,59
7		<i>H. glycines</i> (7)	2,8	1,48
8		<i>H. glycines</i> (8)	2,4	1,49
9		<i>H. glycines</i> (9)	3,5	1,38
10		<i>H. glycines</i> (10)	1,6	1,59

Окончание табл. 2

№ п/п	Набор реагентов	Образец	Концентрация, мкг/мкл	Отношение 260/280 нм
11	Проба-ГС (Агро-Диагностика)	<i>H. glycines</i> (11)	11,1	6,26
12		<i>H. glycines</i> (12)	12,5	5,54
13		<i>H. glycines</i> (13)	10,5	5,87
14		<i>H. glycines</i> (14)	11,7	8,40
15		<i>H. glycines</i> (15)	10,7	7,74
16	ФитоСорб (Синтол)	<i>H. glycines</i> (16)	14,4	1,50
17		<i>H. glycines</i> (17)	18,7	1,44
18		<i>H. glycines</i> (18)	17,4	1,37
19		<i>H. glycines</i> (19)	20,4	1,40
20		<i>H. glycines</i> (20)	17,5	1,46
21	QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen)	<i>H. glycines</i> (21)	0,7	0,97
22		<i>H. glycines</i> (22)	1,1	0,98
23		<i>H. glycines</i> (23)	1,2	0,99
24		<i>H. glycines</i> (24)	0,8	1,14
25		<i>H. glycines</i> (25)	1,6	1,35
26	Проба-НК (Агро-Диагностика)	<i>H. glycines</i> (26)	6,9	1,37
27		<i>H. glycines</i> (27)	4,9	1,18
28		<i>H. glycines</i> (28)	9,7	1,44
29		<i>H. glycines</i> (29)	7,0	1,78
30		<i>H. glycines</i> (30)	5,1	1,31
31	ЦитоСорб (Синтол)	<i>H. glycines</i> (31)	29,6	1,47
32		<i>H. glycines</i> (32)	29,4	1,50
33		<i>H. glycines</i> (33)	27,1	1,45
34		<i>H. glycines</i> (34)	27,9	1,45
35		<i>H. glycines</i> (35)	30,6	1,47

Источник: выполнено А.В. Ивановым.

Table 2

Determining the concentration of DNA isolated from *Heterodera glycines*

№ п/п	Reagent kit	Sample	Concentration, µg/mL	The ratio of the 260/280 nm
1	DNA-Extran-2 (Sintol)	<i>H. glycines</i> (1)	6.5	1.94
2		<i>H. glycines</i> (2)	3.1	1.88
3		<i>H. glycines</i> (3)	3.7	1.91
4		<i>H. glycines</i> (4)	5.6	1.87
5		<i>H. glycines</i> (5)	3.5	1.81

№ п/п	Reagent kit	Sample	Concentration, µg/mL	The ratio of the 260/280 nm
6	Sorb-GMO-A (Sintol)	<i>H. glycines</i> (6)	2.5	1.59
7		<i>H. glycines</i> (7)	2.8	1.48
8		<i>H. glycines</i> (8)	2.4	1.49
9		<i>H. glycines</i> (9)	3.5	1.38
10		<i>H. glycines</i> (10)	1.6	1.59
11	Proba-GS (Agrodiagnostika)	<i>H. glycines</i> (11)	11.1	6.26
12		<i>H. glycines</i> (12)	12.5	5.54
13		<i>H. glycines</i> (13)	10.5	5.87
14		<i>H. glycines</i> (14)	11.7	8.40
15		<i>H. glycines</i> (15)	10.7	7.74
16	PhytoSorb (Sintol)	<i>H. glycines</i> (16)	14.4	1.50
17		<i>H. glycines</i> (17)	18.7	1.44
18		<i>H. glycines</i> (18)	17.4	1.37
19		<i>H. glycines</i> (19)	20.4	1.40
20		<i>H. glycines</i> (20)	17.5	1.46
21	QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen)	<i>H. glycines</i> (21)	0.7	0.97
22		<i>H. glycines</i> (22)	1.1	0.98
23		<i>H. glycines</i> (23)	1.2	0.99
24		<i>H. glycines</i> (24)	0.8	1.14
25		<i>H. glycines</i> (25)	1.6	1.35
26	Proba-NK (Agrodiagnostika)	<i>H. glycines</i> (26)	6.9	1.37
27		<i>H. glycines</i> (27)	4.9	1.18
28		<i>H. glycines</i> (28)	9.7	1.44
29		<i>H. glycines</i> (29)	7.0	1.78
30		<i>H. glycines</i> (30)	5.1	1.31
31	CytoSorb (Sintol)	<i>H. glycines</i> (31)	29.6	1.47
32		<i>H. glycines</i> (32)	29.4	1.50
33		<i>H. glycines</i> (33)	27.1	1.45
34		<i>H. glycines</i> (34)	27.9	1.45
35		<i>H. glycines</i> (35)	30.6	1.47

Source: compiled by A.V. Ivanov.

Для количественной оценки экстрагированной ДНК использовали метод ПЦР в реальном времени с применением модифицированной системы праймеры — зонд, представленной в данной работе. Опираясь на полученные данные значений пороговых циклов ПЦР-РВ, сделали оценку количества и качества извлеченной ДНК *Heterodera glycines*.

Результаты проведенного ПЦР-анализа проб, выделенных с помощью исследуемых наборов препаратов, систематизированы в табл. 3.

Значения пороговых циклов ПЦР-РВ для образцов ДНК, выделенных из *H. Glycines*

Образец	Набор реагентов и пороговый цикл Ct по каналу FAM, специфичный для <i>H. glycines</i> SCN-SCAR маркер						
	ДНК-Экстр-ан-2 (Синтол)	СорбГ-МО-А (Синтол)	Проба-ГС (Агро-Диагностика)	Фито-Сорб (Синтол)	QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen)	Проба-НК (Агро-Диагностика)	ЦитоСорб (Синтол)
<i>H. glycines</i> (1*)	21,28	41,68	25,21	25,45	28,92	21,98	26,39
<i>H. glycines</i> (2*)	25,05	30,29	26,09	25,37	29,61	23,05	23,24
<i>H. glycines</i> (3*)	24,16	27,22	22,84	25,08	26,06	25,70	23,35
<i>H. glycines</i> (4*)	21,24	41,56	23,44	24,70	27,14	21,81	27,36
<i>H. glycines</i> (5*)	24,21	28,09	26,92	23,99	26,99	25,35	25,39
К-в	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Ср.з. ± Ст.о.	23,19 ± 0,8	33,79 ± 3,2	24,90 ± 0,7	24,92 ± 0,3	27,74 ± 0,6	23,58 ± 0,8	25,15 ± 0,8

Примечание. К-в – отрицательный контрольный образец выделения; N/A – отсутствие сигнала флуоресценции; Ср.з. – среднее значение; Ст. о. – стандартная ошибка.

Источник: выполнено А.В. Ивановым.

Table 3

The values of the threshold cycles of PCR-RT for DNA samples isolated from *H. glycines*

Sample	Reagents and the threshold cycle Ct fluorescent signal FAM, specific for <i>H. glycines</i> SCN-SCAR marker						
	DNA-Extran-2 (Sintol)	Sorb-GMO-A (Sintol)	Proba-GS (Agro-diagnostika)	PhytoSorb (Sintol)	QIAamp DNA Mini Kit (Qiagen)	Proba-NK (Agro-diagnostika)	CytoSorb (Sintol)
<i>H. glycines</i> (1*)	21.28	41.68	25.21	25.45	28.92	21.98	26.39
<i>H. glycines</i> (2*)	25.05	30.29	26.09	25.37	29.61	23.05	23.24
<i>H. glycines</i> (3*)	24.16	27.22	22.84	25.08	26.06	25.70	23.35
<i>H. glycines</i> (4*)	21.24	41.56	23.44	24.70	27.14	21.81	27.36
<i>H. glycines</i> (5*)	24.21	28.09	26.92	23.99	26.99	25.35	25.39
K-	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Av.v. ± St.er.	23.19 ± 0.8	33.79 ± 3.2	24.90 ± 0.7	24.92 ± 0.3	27.74 ± 0.6	23.58 ± 0.8	25.15 ± 0.8

Note. K- – negative control sample; N/A – no fluorescence signal; Av. v. – average value; St. er. – standard error.

Source: compiled by A.V. Ivanov.

Согласно приведенным данным (см. таб. 2, 3) наивысшее качество экстракции ДНК *H. glycines* достигнуто при использовании «ДНК-Экстр-ан-2» (Синтол), соответствующий пороговый цикл которого составляет 23,19 Ct, а коэффициент

соотношения поглощения при длинах волн А260/280 нм находится в пределах 1,8...1,97, что также соответствует высокой чистоте полученного препарата ДНК.

Набор «Проба-НК» (АгроДиагностика) также демонстрирует приемлемую эффективность в плане концентрации экстрагированной нуклеиновой кислоты, что подтверждается средним значением порогового цикла 23,58 Ct. Однако коэффициент чистоты, варьирующийся от 1,18 до 1,78, значительно ниже допустимых стандартов, что указывает на возможное загрязнение полученного препарата компонентами, присутствующими в реагентах, используемых для выделения. Это может отрицательно сказаться на последующих этапах анализа, таких как ПЦР-РВ, и привести к искаженным результатам.

Зарубежный набор «DNeasy Plant Mini Kit» (Qiagen) также имеет свои недостатки. Несмотря на то, что цикл (27,74 Ct) находится в пределах среднего значения, но коэффициент чистоты ДНК, колеблющийся от 0,97 до 1,35, заметно ниже оптимального значения. Это свидетельствует о низкой степени очистки экстрагированной нуклеиновой кислоты и потенциальной проблеме, связанной с наличием посторонних примесей, способных повлиять на точность и надежность дальнейших молекулярных исследований. Также, если учесть относительно высокую стоимость использованных реагентов, то данный набор является экономически невыгодным для использования в рутинной диагностике.

Следует отметить, что образцы, полученные с помощью других российских НР, имели низкую степень чистоты — в процессе экстракции в препаратах остались различные примеси и вещества, которые могли повлиять на результаты анализа. Тем более, что уровень ингибирования ПЦР-реакции значительно превысил допустимый пороговый уровень: Проба-ГС — 24,9 Ct; ФитоСорб — 24,92 Ct; ЦитоСорб (Синтол) — 25,15 Ct; Сорб ГМО-А (Синтол) — 33,79 Ct. Вероятно, качество выделенных препаратов ДНК снизилось из-за недостаточного удаления сопутствующих биологических примесей, а также насыщенных хаотропных агентов и детергентов, вследствие попадания которых в реакцию происходит значительное снижение ее эффективности. По этой причине необходимо оптимизировать количество и состав промывок, чтобы получать высокоочищенные препараты ДНК.

Заключение

Итоги исследования приводят к выводу: коммерческие наборы «Проба-ГС» (АгроДиагностика), «ФитоСорб» (Синтол) и ЦитоСорб (Синтол) могут применяться для извлечения нуклеиновых кислот из нематод в рамках стандартных анализов при использовании метода классической ПЦР, так как она менее восприимчива к воздействию ингибирующих агентов.

Зарубежный набор «DNeasy Plant Mini Kit» (Qiagen) и российский набор «Проба-НК» (АгроДиагностика) демонстрируют определенные ограничения в отношении чистоты экстрагированных нуклеиновых кислот. При планировании экспериментов, требующих высокой точности и стабильности результатов, рекомендуется либо

использовать дополнительные методы очистки, либо рассмотреть альтернативные наборы реагентов, обеспечивающие более стабильные и чистые образцы ДНК.

Российский набор реагентов «ДНК-Экстран-2» от компании «Синтол» обеспечил эффективное выделение ДНК, о чем свидетельствует отношение оптических плотностей A260/280 нм в диапазоне 1,8...1,97, подтверждающее высокую чистоту экстракта. Такой материал полностью подходит для проведения качественных молекулярно-генетических исследований. Показатель среднего порогового цикла 23,19 Ct демонстрирует высокую чувствительность метода и гарантирует получение надежных результатов при использовании этого набора в ПЦР-анализе. Результаты указывают на то, что набор реагентов «ДНК-Экстран-2» (Синтол) демонстрирует высокую эффективность выделения ДНК и может быть рекомендован для применения в лабораторных исследованиях, требующих высокой точности и надежности. Таким образом, данный набор реагентов может быть использован для применения чувствительного, практичного и быстрого метода ПЦР в реальном времени для идентификации *Heterodera glycines*.

Список литературы / References

- Ivanov AV, Sudarikova SV, Khudyakova EA. Optimized approach for the detection of *Heterodera* spp. and the quarantine species *Heterodera glycines*. *Plant Health and Quarantine*. 2020;(4):30–39. (In Russ.). doi: 10.69536/FKR.2020.96.92.001 EDN: JCTKEC
Иванов А.В., Сударикина С.В., Худякова Е.А. Оптимизированный подход к выявлению нематод рода *Heterodera* и карантинного вида *Heterodera glycines* // Фитосанитария. Карантин растений. 2020. № 4. С. 30–39. <https://doi.org/10.69536/FKR.2020.96.92.001> EDN: JCTKEC
- Ichinohe M. On the soy bean nematode, *Heterodera glycines* n. sp. from Japan. *Oyo-Dobutsugaku-Zasshi (Magazine of Applied Zoology)*. 1952;17(1/2):4.
- Cook R, Noel GR. Cyst nematodes: *Globodera* and *Heterodera* species. In: Starr JL, Cook R, Bridge J. (eds.) *Plant resistance to parasitic nematodes*. CABI Publishing; 2002. p.71–105. doi: 10.1079/9780851994666.0071
- Subbotin SA, Mundo-Ocampo M, Baldwin JG. *Systematics of Cyst Nematodes (Nematoda: Heteroderinae)*. *Nematology Monographs and Perspectives*. Vol. 8B. Leiden, The Netherlands: Brill; 2010.
- Subbotin SA, Peng D, Moens M. A rapid method for the identification of the soybean cyst nematode *Heterodera glycines* using duplex PCR. *Nematology*. 2001;3(4):365–371. doi: 10.1163/156854101317020286 EDN: LYYMML
- Amiri S, Subbotin SA, Moens M. Identification of the beet cyst nematode *Heterodera schachtii* by PCR. *European Journal of Plant Pathology*. 2002;108:497–506. doi: 10.1023/A:1019974101225 EDN: MAOKJT
- Madani M, Subbotin SA, Moens M. Quantitative detection of the potato cyst nematode, *Globodera pallida*, and the beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*, using Real-Time PCR with SYBR green I dye. *Molecular and Cellular Probes*. 2005;19(2):81–86. doi: 10.1016/j.mcp.2004.09.006 EDN: LJAWOX
- Bekal S, Gauthier JP, Rivoal R. Genetic diversity among a complex of cereal cyst nematodes inferred from RFLP analysis of the ribosomal internal transcribed spacer region. *Genome*. 1997;40(4):479–486. doi: 10.1139/g97-064 EDN: LMLCPX
- Szalanski AL, Sui DD, Harris TS, Powers TO. Identification of cyst nematodes of agronomic and regulatory concern with PCR-RFLP of ITS1. *Journal of Nematology*. 1997;29(3):255–267.
- Subbotin SA, Waeyenberge L, Moens M. Identification of cyst forming nematodes of the genus *Heterodera* (Nematoda: Heteroderidae) based on the ribosomal DNA-RFLPs. *Nematology*. 2000;2(2):153–164. doi: 10.1163/156854100509042 EDN: LGBXHV
- Zheng J, Subbotin SA, Waeyenberge L, Moens M. Molecular characterisation of Chinese *Heterodera glycines* and *H. avenae* populations based on RFLPs and sequences of rDNA-ITS regions. *Russian Journal of Nematology*. 2000;8(2):109–113. EDN: LGBQPF

12. Ou S, Peng D, Liu X, Li Y, Moens M. Identification of *Heterodera glycines* using PCR with sequence characterized amplified region (SCAR) primers. *Nematology*. 2008;10(3):397–403. doi: 10.1163/156854108783900212 EDN: LYVMRB

13. Ye W. Development of PrimeTime-Real-Time PCR for Species Identification of Soybean Cyst Nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) in North Carolina. *Russian Journal of Nematology*. 2012;44(3):284–290.

14. Rebrikov DV, Samatov GA, Trofimov DY, Semenov PA, Savilova AM, Kofiadi IA, et al. *PTsR v real'nom vremeni* [Real-time PCR]. Moscow: BINOM publ.; 2009. (In Russ.).

Ребриков Д.В., Саматов Г.А., Трофимов Д.Ю. и др. ПЦР в реальном времени / под ред. Д.В. Ребрикова. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. С. 115.

Об авторах:

Иванов Антон Владиславович — младший научный сотрудник лаборатории гельминтологии испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений, Российская Федерация, 140150, Московская область, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: tonijons8@mail.ru

ORCID: 0009-0002-5361-6100 SPIN-код: 4537-6755

Бондаренко Галина Николаевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник — начальник испытательного лабораторного центра, Всероссийский центр карантина растений, Российская Федерация, 140150, Московская область, р.п. Быково, ул. Пограничная, д. 32; e-mail: reseachergm@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1635-2508 SPIN-код: 2631-5209

About authors:

Ivanov Anton Vladislavovich — Junior researcher, Helminthology Laboratory, Testing Laboratory Center, All-Russian Plant Quarantine Center, 32 Pogranchnaya st., Bykovo, 140150, Moscow region, Russian Federation; e-mail: tonijons8@mail.ru

ORCID: 0009-0002-5361-6100 SPIN-code: 4537-6755

Bondarenko Galina Nikolaevna — Candidate of Biological Sciences, Senior researcher, Head of the Testing Laboratory Center, All-Russian Plant Quarantine Center, 32 Pogranchnaya st., Bykovo, 140150, Moscow region, Russian Federation; e-mail: reseachergm@mail.ru

ORCID: 0000-0002-1635-2508 SPIN-code: 2631-5209



Генетика и селекция животных Genetics and animal breeding

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-287-299
EDN NXOZWT
УДК 636.082.2

Научная статья / Research article

Мониторинг структуры эритроцитарных антигенов в генофондном стаде красного горбатовского скота

О.В. Руденко  

Нижегородский государственный агротехнологический университет, г. Нижний Новгород,
Российская Федерация
 oks-rud76@mail.ru

Аннотация. Иммуногенетический анализ представляет практический интерес, позволяя установить не только родство между животными, но и степень генетического влияния отдельных производителей на весь генофонд популяции. При сохранении генофонда, изучив распределение частот групп крови, а также их изменения со временем, можно судить о процессах, происходящих в замкнутых популяциях. Исследования проведены в генофондном хозяйстве красного горбатовского скота «Абабковское» Павловского района Нижегородской области. У маточного поголовья установлено 8 систем групп крови. В 2007 г. в стаде обнаружено 45 антигенов, в 2009 наблюдался спад разнообразия до 38 антигенов, однако в 2010 г. их численность восстановилась до 46, к 2017 г. общее количество антигенов изменилось незначительно (47), а в 2022 г. снова 46. Самая многочисленная система ЕАВ: в разные годы в этой системе было установлено от 21 до 28 антигенов. Структура антигенов не постоянна, число некоторых антигенов, имевших широкое распространение в 2007 г. (Y_2 и C_2), в 2017 г. сократились до 14...32 %. Отмечено появление новых антигенов, которых раньше не было, — O_3 , O_4 , O_x и A'_1 . Утрата отдельных антигенов может косвенно свидетельствовать о потере и других аллелей, имеющих важное хозяйственное значение, поэтому животные с редкими антигенами должны использоваться в воспроизводстве в большей степени. У производителей, запас семени которых имелся к 2022 г., наблюдается разный антигенный состав: от 3 до 17 антигенов в различных системах. Использование ограниченного количества быков может привести к дрейфу отдельных генов.

© Руденко О.В., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Ключевые слова: красная горбатовская порода, антигены крови, сохранение генофонда

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания (тема № 0767-2017-0015 «Сохранение и рациональное использование генофонда отечественной красной горбатовской породы крупного рогатого скота»).

Благодарности. Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов. Автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 21 июля 2023 г., принята к публикации 13 февраля 2025 г.

Для цитирования: Руденко О.В. Мониторинг структуры эритроцитарных антигенов в генофондном стаде красного горбатовского скота // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 287–299. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-287-299 EDN: NXOZWT

Monitoring of the erythrocyte antigen structure in the gene pool herd of Red Gorbatov cattle

Oksana V. Rudenko  

Nizhny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

 oks-rud76@mail.ru

Abstract. Immunogenetic analysis is of practical interest, allowing us to establish not only the relationship between animals, but also the degree of genetic influence of individual stud bulls on the entire gene pool of the population. While preserving the gene pool, the study of the frequency distribution of blood groups, as well as their changes over time, allow us to judge the processes occurring in closed populations. The research was carried out in the gene pool farm of the Red Gorbatov breed. The brood stock has 8 systems of blood groups. In 2007, 45 antigens were detected in the herd, in 2009 there was a decline in diversity to 38 antigens, but in 2010 their number was restored to 46, by 2017 the total number of antigens had not changed significantly — 47, and in 2022 again 46. The most numerous is EAB system, from 21 to 28 antigens were established in this system in different years. The structure of antigens is unstable, some antigens that were widespread in 2007 (Y_2 and C_2) decreased to 14...32% in 2017. New antigens were established — O_3 , O_4 , O_x , and A'_{11} . The loss of individual antigens may indirectly indicate the loss of other alleles that have economic importance; therefore, animals with rare antigens should be used in reproduction to a greater extent. The stud bulls whose seed stock is available at that moment have different antigenic composition: from 3 to 17 antigens in different systems. The use of a limited number of bulls can lead to the drift of individual genes.

Keywords: Red Gorbatov breed, blood antigens, preservation of the gene pool

Finding. The research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 0767-2017-0015).

Acknowledgement. The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest. The author declared no conflict of interests.

Article history: received 21 July 2023, accepted 13 February 2025.

For citation: Rudenko OV. Monitoring of the erythrocyte antigen structure in the gene pool herd of Red Gorbatov cattle. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):287–299. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-287-299 EDN: NXOZWT

Введение

Использование групп крови в племенной работе с крупным рогатым скотом возможно в связи с тем, что в крови животных может содержаться более 50 эритроцитарных антигенов. Различные сочетания этих антигенов уникальны для каждого животного, при этом в каждом стаде формируется свое специфическое распределение антигенных частот [1]. Если ген, контролирующий какой-либо антиген крови, находится в одной хромосоме с геном, определяющим хозяйственно полезный признак, т.е. сцеплен с ним, то наличие и частота этого антигена может отражать особенности селекционного процесса. Поэтому многие исследователи рекомендуют проводить мониторинг аллелофонда наиболее полиморфных систем групп крови [2].

При этом иммуногенетический анализ позволяет определить степень влияния отдельных производителей как на общий генофонд в целой популяции, так и на формирование аллелофонда у определенных групп животных [3–5].

Кроме этого, данные о группах крови дополняют ДНК анализ, что позволяет более обоснованно устанавливать необходимое количество генофондных хозяйств для каждого вида животных, а также численность животных в них. Помимо постоянного генетического мониторинга в генофондных хозяйствах должна осуществляться и селекционная работа, однако цель ее будет существенно отличаться от традиционной. Здесь основным селекционируемым признаком становится не молочная или иная продуктивность, а аллельный вариант гена. Если мониторинг показывает, что какие-то варианты групп крови имеются в стаде в критической концентрации, должны быть приняты меры по их тиражированию.

В.В. Романов и Р.Г. Попов в целях недопущения дальнейшего сужения генетического разнообразия «у якутского скота» предлагают «вести генетический мониторинг по группам крови и желательны по полиморфным белкам с сохранением редких антигенов и генотипов» [6].

Некоторые авторы установили связь антигенных факторов с различными показателями и качествами крупного рогатого скота. А.А. Грашин и В.А. Грашин выявили «в популяции Самарского типа черно-пестрого скота маркеры, сопряженные с высокой молочной продуктивностью» [7]. М.Е. Гонтов и Д.Н. Кольцов установили «в самарской популяции бурого швицкого скота, что коровы, гомозиготные по аллелю $BG_3O_1T_1Y_2E'_3F'_2G$, имели повышенную молочную продуктивность. Животные, гетерозиготные по F/V-локусу групп крови, превосходили по удою аналогов, гомозиготных по этому локусу» [8]. Е.А. Кондратюк определил в айрширской породе иммуногенетические маркеры высокой продолжительности жизни: аллели $B_1I_1P1A'_1G''$, $B_2G_2O_1G''$, $Y_2A'_2$ [9]. Л.В. Холодова считает в данной породе наиболее желательным наличие у животных антигенов эритроцитов B_2 , G , P_2 , Q , T_2 , B'' , G' , O' , P' , Q' , E'_3 , $K'R_1$, S_1 [10].

В исследованиях И.Ю. Подречневой, проводимых в костромской породе, были выявлены 20 сочетаний аллелей, чаще других встречающиеся у коров-долгожительниц [11]. Подытоживая данные сорокалетних исследований, Rocha J.L. at al. установили, что три ассоциации соответствовали критериям согласованности: влияние группы крови С на угол крупы, влияние L на удои и состав молока, и влияние S на выход молочного жира. Лocus M, по их мнению, напрямую связан с воздействием на удои и выход белка [12]. И.А. Киселев и др., объединяя результаты исследований эритроцитарных антигенов у быков айрширской, краснопестрой и холмогорской пород, установили, что система L положительно связана с продуктивностью их дочерей по удою ($r = +0,13$) и по массовой доле жира в молоке ($r = +0,25$), система M — наоборот, отрицательно: $r = -0,27$ и $r = -0,24$ соответственно [13].

Однако изучение антигенов по EAB-локусу групп крови в сычевской породе, проведенное Кузьминой Н.В. и др., показало отсутствие статистически значимых различий между гомозиготами и гетерозиготами по продуктивным и воспроизводительным качествам коров [14].

Цель исследования — изучить изменения структуры эритроцитарных антигенов у животных в процессе сохранения генофонда красного горбатовского скота.

Научная новизна — впервые в генофондном стаде красной горбатовской породы проведено исследование эритроцитарных антигенов крови за 15 лет (2007–2022 гг.).

Материалы и методика исследования

Исследования проводили в генофондном хозяйстве «Абабковское» Павловского района Нижегородской области. Изменения антигенного состава в стаде красного горбатовского скота изучали за последние 15 лет (с 2007 по 2022 г.). Кровь для исследования брали у коров-первотелок методом случайного выбора. Оценку эритроцитарных антигенов животных провели в лаборатории иммуногенетического контроля достоверности происхождения животных ООО «Нижегородское» по племенной работе. От животных брали по одной пробе крови в одноразовые пробирки EDTA для живой крови (6...9 мл) с добавлением антикоагулянта (цитрат натрия) от 9 мл. Забор крови проводили из хвостовой вены по общепринятой методике ветеринарные специалисты хозяйства. Образцы крови помещали в сумку-холодильник и отправляли в лабораторию в течение 1-2 суток со дня взятия. Статистическую обработку данных выполняли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и обсуждение

Красная горбатовская порода является одной из уникальных локальных российских пород крупного рогатого скота, обладающая рядом ценных хозяйственно полезных признаков, таких как высокая жирность молока, мелкодисперстность

молочного жира, повышающая его усвояемость, плотный копытный рог, высокая резистентность к различным заболеваниям и мн.др.

Однако широкое распространение в начале черно-пестрой породы, а затем голштинской привели к резкому сокращению российских пород, в т.ч. и красной горбатовской, как низкорентабельных.

У коров красной горбатовской породы установили 8 систем групп крови. В 2007 г. в стаде обнаружено 45 антигенов, в 2009 наблюдался спад разнообразия до 38 антигенов, однако в 2010 г. их численность восстановилась и достигла 46, к 2017 г. общее количество антигенов увеличилось на один (47), а в 2022 г. снова насчитывалось 46.

В системе ЕАА установлено 2 антигена: A_1 и A_2 . Антиген A_1 имеет не большое распространение — от 8 до 16 %, однако в 2010 г. наблюдался резкий подъем до 50 %. Содержание антигена A_2 более постоянно и находилось на уровне 23...53 % (рис. 1). В 2022 г. ситуация изменилась: содержание антигена A_1 повысилось до 42,63 %, а антигена A_2 снизилось до 6,32 %.

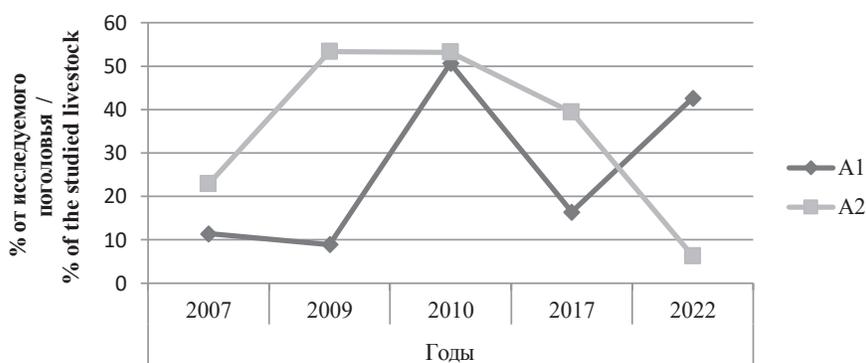


Рис. 1. Изменение частоты антигенов в системе ЕАА с 2007 по 2022 г., доля, %, от исследуемого поголовья

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Fig. 1. Change of the antigen frequency in system EAA from 2007 to 2022, % of the studied livestock

Source: compiled by O.V. Rudenko.

Самой многочисленной была система ЕАВ, в разные годы в этой системе было установлено от 21 до 28 антигенов. Структура антигенов не постоянна, число некоторых антигенов, имевших широкое распространение в 2007 г. (Y_2 и C_2), в 2017 г. сократилось до 14...32 %. Отмечалось появление новых, ранее не наблюдававшихся антигенов: O_3 , O_4 , O_x и A'_1 . Исчезли из стада такие антигены как K , K' и H'' . В 2022 г. резко сократилось количество антигенов B_1 и T_2 — с 33...55 до 0,53 %, также уменьшилась частота встречаемости антигенов I_1 и I_2 — до 0,53...1,58 %. В этом же году в стаде появились антигены B' и P' с частотой 4,21 и 32,63 % соответственно. Отмечено исчезновение антигенов G_3 , T_1 , Y_1 , E'_2 и P'_2 . Утрата отдельных антигенов может косвенно свидетельствовать о потере и других аллелей, имеющих важное хозяйственное значение (рис. 2).

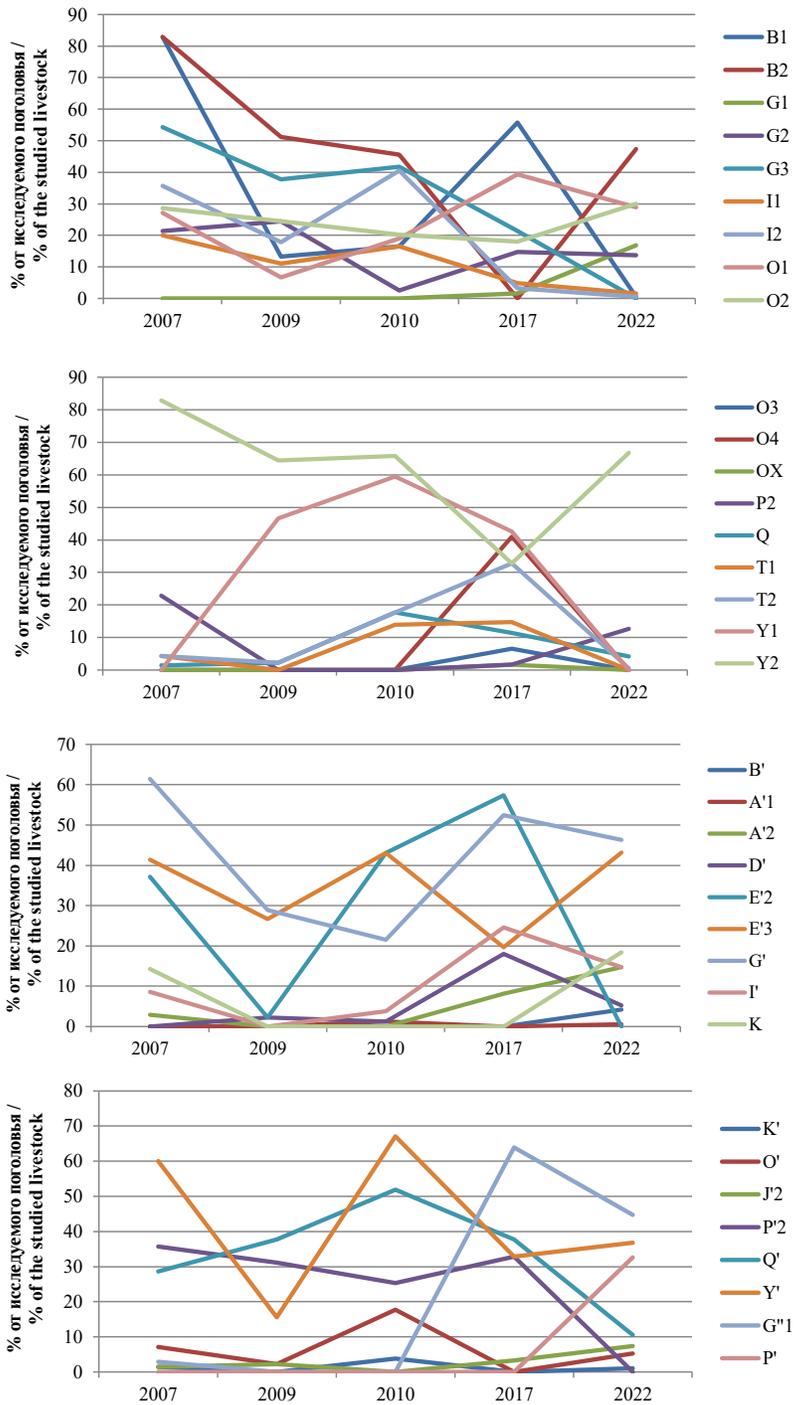


Рис. 2. Изменение частоты антигенов в системе EAB с 2007 по 2022 г., доля, %, от исследуемого поголовья

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Fig. 2. Change of the antigen frequency in system EAB from 2007 to 2022, % of the studied livestock
Source: compiled by O.V. Rudenko.

Система ЕАС в 2007 г. содержала 7 антигенов, в 2009 г. их количество возросло до 8 за счет появления антигенов C_1 и R_2 и удаления L' , в 2010 г. в системе 10 антигенов: снова появляется L' и добавляется C' , в 2017 г. количество антигенов опять сократилось до 7 за счет потери антигенов C' , L' и W , последний из которых ранее имел достаточное широкое распространение — от 40 до 57 % (рис. 3). В 2022 г. мы наблюдали исчезновение антигенов E , R_2 и X_1 , при этом снова появились антигены L' с частотой 26,32 и W — 54,74 %.

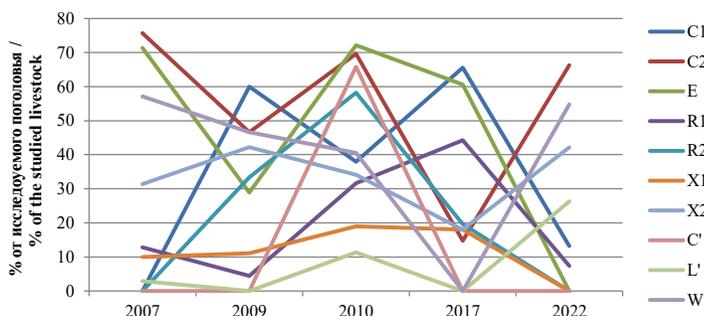


Рис. 3. Изменение частоты антигенов в системе ЕАС с 2007 по 2022 г., доля, %, от исследуемого поголовья

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Fig. 3. Change of the antigen frequency in system EAC from 2007 to 2022, % of the studied livestock

Source: compiled by O.V. Rudenko.

В системе ЕАС наиболее распространенным антигеном был H' , в 2017 г. его имели 88,52 % коров стада, а в 2022 г. этот антиген обнаружили уже у 90,53 % исследуемых первотелок. После 2007 г. был утрачен антиген H'' , однако в 2022 г. он установлен у 2 голов, что составило 1,05 % от исследуемого поголовья. В 2017 г. появился антиген U'' с достаточно большой частотой — 22,95 %, но в 2022 г. он снова был утрачен (рис. 4).

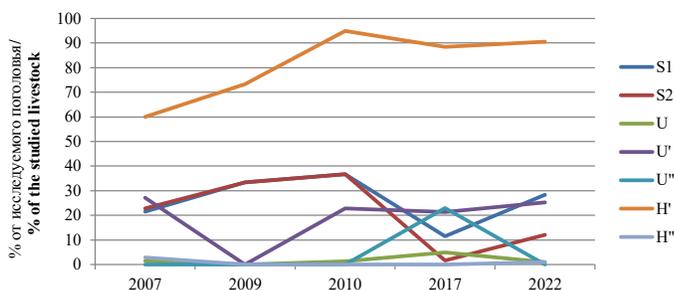


Рис. 4. Изменение частоты антигенов в системе ЕАС с 2007 по 2022 г., доля, %, от исследуемого поголовья

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Fig. 4. Change of the antigen frequency in system EAS from 2007 to 2022, % of the studied livestock

Source: compiled by O.V. Rudenko.

С.П. Бугаев установил, что животные, «у которых были выявлены антигенные факторы Н', А', А₂, отличались меньшим коэффициентом торможения, а, значит, были более стрессоустойчивыми» [15]. Все три антигена присутствуют в красной горбатовской породе, что, возможно, и обуславливает высокие адаптационные способности этих животных.

Система EAF-V имеет 2 антигена, антиген F показал 100%-е распространение в стаде, в 2022 г. зарегистрировано незначительное его сокращение до 96,84 %; по антигену V отмечены колебания от 4 до 37 % в разные годы (рис. 5).

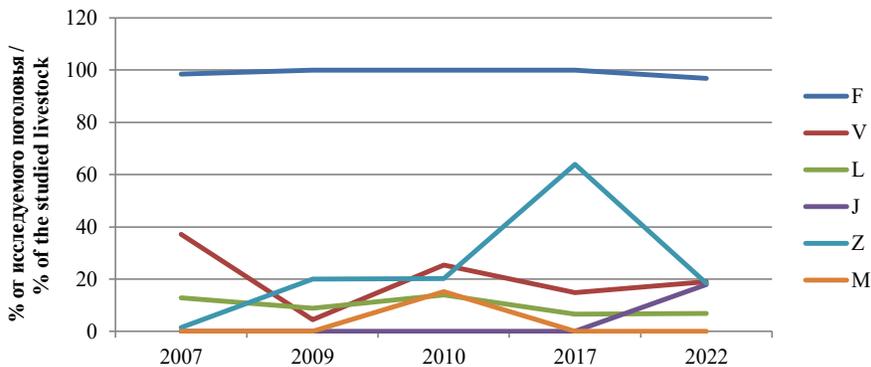


Рис. 5. Изменение частоты антигенов в системах EAF-V, EAL, EAJ, EAZ, EAM с 2007 по 2022 годы, доля, %, от исследуемого поголовья

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Fig. 5. Change of the antigen frequency in systems EAF-V, EAL, EAJ, EAZ, EAM from 2007 to 2022, % of the studied livestock

Source: compiled by O.V. Rudenko.

Небольшое, но стабильное распространение отмечено для антигена L — от 6 до 14 %. Увеличилось распространение в стаде антигена Z: от 1,4 % в 2007 г. до 64 % в 2017 г. В 2022 г. появился антиген J: установлен у 34 первотелок, что составляет 17,89 %.

Антиген M появляется в стаде только в 2010 г., скорее всего это связано с использованием производителя — носителя этого антигена. После окончания использования данного производителя распространение антигена сокращалось и к 2022 г. он утерян в стаде.

Таким образом, исследования структуры эритроцитарных антигенов в стаде подтверждают изменения генетической структуры в целом. Без контроля этот процесс в малой замкнутой популяции может привести к дрейфу генов и потере уникальных генов, отличающих красную горбатовскую породу от других красных пород.

Мы также изучили структуру эритроцитарных антигенов у быков-производителей, используемых в стаде в ОАО «Абабковское» в 2022 г. (таблица).

**Частота эритроцитарных антигенов у быков-производителей /
Frequency of erythrocyte antigens in stud bulls**

Группа крови /Blood type	Антиген /Antigen	Кличка и номер быка / Nickname and number of the bull									
		Эдельвейс 9535/E'del'vejs 9535	Иран 9525 /Iran 9525	Задор 9099 /Zador 9099	Ветер 9866 /Veter 9866	Восток 9911 /Vostok 9911	Резвый 6569 /Rezvy 6569	Вальтер 6259 /Val'ter 6259	Заказ 9736 /Zakaz 9736	Ручеек 6039 /Rucheyok 6039	Сказочник 9725/ Skazochnik 9725
ЕАА	A ₁	1									
	A ₂		1		1	1					
	B ₁								1		
	B ₂						1			1	
	G ₂		1			1					
	G ₃										1
	I ₂	1	1	1							
	O ₁										1
	O _x						1				
	P ₂							1		1	
ЕАВ	Q										1
	Y ₁				1						
	Y ₂			1		1	1	1		1	
	A ₂ '					1					
	D'								1		
	E ₁ '		1								
	E ₂ '	1		1		1	1				
	G'			1				1		1	
	I'		1			1					
	K'										1
	O'										1
	J ₂ '										1
	P ₁ '							1	1		
	P ₂ '		1								
	Q'	1			1	1	1				1
	Y'			1		1	1				
	G1''			1							

Окончание табл. / Ending tabl.

Группа крови / Blood type	Антиген / Antigen	Кличка и номер быка / Nickname and number of the bull									
		Эдельвейс 9535/Edelweiss 9535	Иран 9525 /Iran 9525	Задор 9099 /Zador 9099	Ветер 9866 /Veter 9866	Восток 9911 /Vostok 9911	Резвый 6569 /Rezvy 6569	Вальтер 6259 /Val'ter 6259	Заказ 9736 /Zakaz 9736	Ручеек 6039 /Rucheyok 6039	Сказочник 9725/ Skazochnik 9725
EAC	C ₁	1	1	1							
	C ₂			1					1		
	E			1				1			
	R ₁									1	
	R ₂	1	1	1		1	1			1	
	X ₁										1
	X ₂	1				1				1	
	C'								1		
	W							1	1	1	
	W'		1	1							
EAF-V	F	1	1	1		1	1	1	1	1	1
	V		1	1		1			1		
EAJ	J			1							
EAL	L			1							1
EAS	S ₁			1							
	S ₂					1					
	U'					1					1
	H'			1		1	1	1		1	
EAZ	Z					1	1				1
EAM	M										1

Источник: выполнено О.В. Руденко.

Source: compiled by O.V. Rudenko.

У данных быков не установлены антигены, которые встречаются у маточного поголовья, G₁, I₁, O₂, O₃, O₄, T₁, T₂, A₁' , E₃' , K, L, U, U'', H''. Однако, у этих производителей установлены антигены E₁' , P₁' , W', J, которых не было у коров. Носителями этих антигенов являются быки Иран 9525 (E₁' , W'), Вальтер 6259 (P₁'), Заказ 9736 (P₁') и Задор 9099 (W' , J).

Наибольшим набором эритроцитарных антигенов отличаются Задор 9099 (зарегистрировано 17 антигенов в 6 системах) и Восток 9911 (16 антигенов в 6 систе-

мах). Сказочник 9725 имеет 12 антигенов в 7 системах, при этом он единственный из быков — носитель антигена М. Наименьшее разнообразие антигенных факторов крови наблюдается у Ветра 9866: антиген A_2 в системе ЕАА, а также антигены Y_1 и Q' в системе ЕАВ.

Многолетний опыт свидетельствует о том, что наличие производителей, имеющих редкие группы крови, а также гетерогенный подбор родителей с учетом генетических маркеров позволяют достаточно быстро расширить генетическую изменчивость у маточного поголовья, что положительно влияет на продуктивные и адаптационные качества животных.

Вследствие этого очень остро встает вопрос об отборе производителей с редкими антигенами или с антигенами, отсутствующими у маточного поголовья.

Заключение

При более детальном изучении структуры эритроцитарных антигенов у маточного поголовья установлено шесть наиболее распространенных аллелей: по три в локусах АЕВ и АЕС. Чаще всего встречались аллели R_1W и C_1E в системе АЕС, носителями этих аллелей являлись 44,4 % коров. Достаточно большое количество коров имело аллели $G'G''$ (36,5 %) и Y_1Y' (25,4 %) из системы АЕВ. Аллели R_2W из локуса ЕАС и $Y_2E'_3Y'$ из локуса АЕВ незначительно распространены в стаде, их частота составила 15,9 и 9,5 % соответственно.

Сужение фенотипической и генотипической изменчивости чревато сокращением частоты и без того редких аллелей, а иногда и полной утратой их вследствие дрейфа генов. Таким образом, необходима постановка в ООО «Нижегородское» по племенной работе неродственных быков-производителей красной горбатовской породы для поддержания генетического разнообразия в породе.

Подбор производителей к маточному поголовью необходимо проводить с учетом антигенного состава крови. Животные с редкими антигенами должны использоваться в большей степени, так как могут быть обладателями других редких генов, характерных для красной горбатовской породы.

Список литературы

1. Новоселова К.С., Холодова Л.В. Характеристика айширского скота по антигенному составу групп крови // Вестник марийского государственного университета. 2015. Т. 1. № 2 (2). С. 30–33. EDN: UYWDUZ
2. Волобуев В.В., Бугаев С.П., Боев М.М. мл. Оценка результатов использования разных методов подбора с учетом наследования антигенных маркеров удоя // Биология в сельском хозяйстве. 2015. № 3. С. 17–19. EDN: VAEGKD
3. Новоселова К.С., Холодова Л.В., Киселев А.А. Анализ частоты распространения эритроцитарных антигенов систем групп крови у коров черно-пестрой породы // Ученые записки КГАВМ. 2014. № 218. С. 203–206. EDN: SEXZTZ
4. Новоселова К.С., Холодова Л.В., Киселев А.А. Аллелофонд популяции айширской породы крупного рогатого скота в Республике Марий Эл // Ученые записки КГАВМ. 2014. № 220. С. 176–179. EDN: TDRMKX
5. Политкин Д., Новикова Д., Хрунова А. Воспроизводительные качества коров при подборе быков с учетом сходства групп крови с аллелофондом стада // Молочное и мясное скотоводство. 2013. № 5. С. 12–13. EDN: QZQSEF

6. Романов В.В., Попов Р.Г. Использование местного генофонда пород скота // Новые материалы и технологии в условиях Арктики : материалы науч.-практ. конф., Якутск, 25-27 июня 2014 г. Якутск, 2014. С. 173–178.
7. Грашин А.А., Грашин В.А. Ассоциация аллелей групп крови с молочной продуктивностью самарского типа черно-пестрой породы скота // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 26–30. doi: 12737/20410 EDN: XPBOLR
8. Гонтов М.Е., Кольцов Д.Н. Молочная продуктивность и гетерогенность в ЕАВ, ЕАФ локусах бурого швицкого скота // Аграрный научный журнал. 2020. № 6. С. 53–58. doi: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58 EDN: YZLFHH
9. Кондратюк Е.А. Оценка продолжительности жизни молочных коров с использованием эритроцитарных антигенов В-системы групп крови // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 69–72. doi: 10.30850/vrsn/2019/5/69-72 EDN: GMEUFN
10. Холодова Л.В. Использование иммуногенетических маркеров групп крови для оптимизации системы подбора в стаде // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2021. № 23. С. 500–503. EDN: CBOGZE
11. Подречнева И.Ю. Характеристика по эритроцитарным антигенам коров костромской породы с продуктивным долголетием // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 7 (95). С. 1150–1156. doi: 10.35679/1991-9476-2019-14-7-1150-1156 EDN: PXSGDU
12. Rocha J.L., Sanders J.O., Cherbonnier D.M., Lawlor T.J., Taylor J.F. Blood groups and milk and type traits in dairy cattle: after forty years of research // Journal of dairy science. 1998. Vol. 81. № 6. P. 1663–1680. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (98) 75734-0
13. Киселев И.А., Кузьякина Л.И., Тяпугин С.Е. Влияние иммуногенетических маркеров быков-производителей разных пород на молочную продуктивность дочерей // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 1. С. 7–9. doi: 10.33943/MMS.2023.64.37.002 EDN: BMOJOU
14. Кузьмина Н.В., Дмитриева В.И., Кольцов Д.Н., Гонтов М.Е. Влияние гомозиготности по маркерным аллелям групп крови на продуктивность, воспроизводительные качества и долголетие коров // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. Т. 20. № 5. С. 488–497. doi: 10.30766/2072-9081.2019.20.5.488-497 EDN: LAGCKN
15. Бугаев С.П., Волобуев В.В. Иммуногенетические маркеры молочной продуктивности в селекции крупного рогатого скота молочных и комбинированных пород // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 9. С. 135–140. EDN: YNTRAB

References

1. Novoselova KS, Kholodova LV. Characteristic of ayrshirsky cattle on the anti-genome to structure of blood types. *Vestnik of the Mari State University*. 2015;1(2):30–33. (In Russ.). EDN: UYWDUZ
2. Volobuev VV, Bugaev SP, Boev MM jr. Evaluation of the impact of different methods of selection, taking into account the inheritance of antigenic markers milking. *Biology in agriculture*. 2015;(3):17–19. (In Russ.). EDN: VAEGKD
3. Novoselova KS, Kholodova LV, Kiselev AA. The analysis of frequency of distribution of eritrotsitarny anti- genes of systems of blood at cows of black and motley breed. *Scientific notes KBSAVM*. 2014;(218):203–206. (In Russ.). EDN: SEXZTZ
4. Novoselova KS, Kholodova LV, Kiselev AA. Allele pool population Ayrshire breed of cattle in the republic of Mari El *Scientific notes KBSAVM*. 2014;(220):176–179. (In Russ.). EDN: TDRMKX
5. Politkin D, Novikov A, Khrunova A, Mishina N. Reproductive properties of cows in the selection of bulls with reference to the similarity of their blood groups with the stock allele fund. *Dairy and beef cattle farming*. 2013;(5):12–13. (In Russ.). EDN: QZQSEF
6. Romanov VV, Popov RG. Ispol'zovanie mestnogo genofonda porod skota [Use of the local gene pool of livestock breeds]. In: Proc. scientific and practical conference. June 25-27, 2014. Yakutsk. 2014;173–178. (In Russ.).
7. Grashin AA, Grashin VA. Associaciya allelej grupp krovi s molochnoj produktivnost'yu samarskogo tipa cherno-pestroj porody skota [Association of alleles of blood groups with dairy productivity of the Samara type of black-and-white cattle breed]. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2018;(1):26–30. (In Russ.). doi: 12737/20410 EDN: XPBOLR
8. Gontov ME, Kol'czov DN. Milk productivity and heterogeneity in EAB, EAF loci of Brown Swiss cattle. *The Agrarian Scientific Journal*. 2020;(6):53–58. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2020i6pp53-58 EDN: YZLFHH

9. Kondratyuk EA. Evaluation of the dairy cows life expectancy using red blood cell antigens of the b-system of blood groups. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2019;(5):69–72. (In Russ.). doi: 10.30850/vrsn/2019/5/69-72 EDN: GMEUFN
10. Kholodova LV. Ispol'zovanie immunogeneticheskikh markerov grupp krovi dlya optimizatsii sistemy podbora v stade [Use of immunogenetic markers of blood groups to optimize the selection system in the herd]. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii proizvodstva i pererabotki produktsii sel'skogo hozyaistva [Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products]*. 2021;(23):500–503. (In Russ.). EDN: CBOGZE
11. Podrechneva I. Yu. Erythrocyte antigens characteristic of the Kostroma breed cows with productive longevity. *Nauchnaa zizn' [Scientific Life]*. 2019;14(7):1150–1156. (In Russ.). EDN: PXSGDU
12. Rocha JL, Sanders JO, Cherbonnier DM, Lawlor TJ, Taylor JF. Blood groups and milk and type traits in dairy cattle: after forty years of research. *Journal of dairy science*. 1998;81(6):1663–1680. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(98)75734-0
13. Kiselev IA, Kuzyakina LI, Tyapugin SE. Vliyanie immunogeneticheskikh markerov bykov-proizvoditelei raznykh porod na molochnuyu produktivnost' docherei [The influence of immunogenetic markers of bulls of different breeds on the milk productivity of their daughters]. *Dairy and beef cattle farming*. 2023;(1):7–9. (In Russ.). doi: 10.33943/MMS.2023.64.37.002 EDN: BMOJOU
14. Kuzmina NV, Dmitrieva VI, Koltsov DN, Gontov ME. Influence of homozygosis by marker alleles of blood groups on the productivity, reproductive qualities and longevity of cows. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):488–497. (In Russ.). doi: 10.30766/2072-9081.2019.20.5.488-497 EDN: LAGCKN
15. Bugaev SP, Volobuev VV. Immunogenetic markers of milk production in the breeding of cattle of milk and combined breeds. *Bulletin of Kursk State Agriculture Academy*. 2016;(9):135–140. (In Russ.). EDN: YNTRAB

Об авторе:

Руденко Оксана Васильевна — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры частной зоотехнии и разведения сельскохозяйственных животных, Нижегородский государственный агротехнологический университет им. Л.Я. Флорентьева, Российская Федерация, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д.97; e-mail: oks-rud76@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8355-1048 SPIN-код: 8667-7242

About the author:

Rudenko Oksana Vasil'evna — Candidate of Agricultural sciences, Associate Professor of the Department of Particular zootechny and breeding of farm animals, Nizhny Novgorod State Agrotechnological University named after L. Ya. Florentyev, 97 Gagarin Avenue, Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation; e-mail: oks-rud76@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8355-1048 SPIN-code: 8667-7242



Ветеринария Veterinary science

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309

EDN NYGJOP

УДК 619:616.2:579.843.96:636.4

Обзорная статья / Review article

Современные подходы к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней

Н.В. Пименов , А.А. Шашкова  , А.А. КругловМосковская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии
им. К.И. Скрябина, г. Москва, Российская Федерация
 aa.shashkova17@gmail.com

Аннотация. Сведения об актуальной ситуации с актинобациллезной плевропневмонией (АПП) на территории Российской Федерации довольно ограничены, что затрудняет оценку эффективности текущих профилактических мер и разработку новых стратегий. Большую роль играет разнообразие и эффективность вакцин. Основная цель исследования — научный обзор современных подходов к профилактике АПП свиней и будущих перспектив в создании вакцины, обеспечивающей комплексную защиту от всех известных серотипов данного возбудителя. Используются методы систематизации, критического анализа, проблемного обзора. Начиная с 1980-х гг. были разработаны различные вакцины для борьбы с этим заболеванием. Инактивированные бактериальные вакцины обеспечивают сильный иммунный ответ, но их эффективность может варьироваться. Основанные на белках внешней оболочки и трех анатоксинах Арх субъединичные вакцины способны обеспечивать защиту независимо от серотипа АПП. ДНК-вакцины показывают многообещающие результаты, но требуют дальнейших исследований. Живые аттенуированные вакцины содержат ослабленные микроорганизмы и стимулируют сильный иммунитет, но их применение также имеет свои сложности. Но не существует надежной и выгодной в коммерческом плане вакцины, которая бы защищала от всех известных серотипов *A. pleuropneumoniae* и предотвращала носительство и передачу заболевания. Проблема специфической профилактики АПП требует комплексного подхода, включающего дальнейшие научные исследования, разработку новых технологий и инновационных методов вакцинации. Ученые все

© Пименов Н.В., Шашкова А.А., Круглов А.А., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

больше акцентируют внимание на исследованиях в области создания оральных и назальных вакцин. Одно из важных преимуществ — экономичность и безопасность при производстве, а также удобство и безопасность при использовании вакцины. Оральные и назальные вакцины способны значительно упростить процесс иммунизации, особенно в условиях массовой вакцинации. Исследования вакцин на основе внешних мембранных везикул и трансгенных растений показывают многообещающие результаты.

Ключевые слова: свиноводство, вакцинопрофилактика, АПП, вакцинация, назальные вакцины, вакцины на растительной основе, инфекционные болезни свиней

Вклад авторов: идея и постановка исследования — Н.В. Пименов; проведение исследования и сбор данных — А.А. Шашкова, А.А. Круглов; анализ и результатов и написание текста статьи — А.А. Шашкова; редактирование и научное руководство — Н.В. Пименов. Все авторы ознакомились с финальной версией статьи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 14 февраля 2025 г., принята к публикации 17 марта 2025 г.

Для цитирования: Пименов Н.В., Шашкова А.А., Круглов А.А. Современные подходы к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 300–309. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309 EDN: NYGJOP

Modern approaches to the prevention of actinobacillus pleuropneumonia in pigs

Nikolay V. Pimenov , Alexandra A. Shashkova  , Alexander A. Kruglov

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

 aa.shashkova17@gmail.com

Abstract. Information about the current situation with actinobacillus pleuropneumonia (APP) in the Russian Federation is quite limited, which makes it difficult to assess the effectiveness of current preventive measures and develop new strategies. The diversity and effectiveness of vaccines play an important role. The main aim of the study is a scientific review of modern approaches to the APP prevention in pigs and prospects for the development of a vaccine that provides comprehensive protection against all known serotypes of this pathogen. The methods of systematization, critical analysis, and problem review are used. Over the years, various vaccines have been developed to combat this disease. Inactivated bacterial vaccines provide a strong immune response, but their effectiveness may vary. Based on the outer membrane proteins and three Apx toxoids, subunit vaccines are able to provide protection regardless of the APP serotype. DNA vaccines show promising results but require further research. Live attenuated vaccines contain weakened microorganisms and stimulate strong immunity, but their use also has its own difficulties. Despite all the successes achieved, at the moment there is no reliable and commercially profitable vaccine that would protect against all known serotypes of *A. pleuropneumoniae* and prevent the carriage and transmission of the disease. The problem of specific prevention of APP requires an integrated approach, including further scientific research, the development of new technologies and innovative methods of vaccination. Scientists increasingly focus on research in the field of oral and nasal vaccines. One of the important advantages is cost-effectiveness and safety during production, as well as convenience and safety

of vaccine application. Oral and nasal vaccines can significantly simplify the immunization process, especially in the context of mass vaccination. Studies of vaccines based on external membrane vesicles and transgenic plants show promising results.

Keywords: pig breeding, vaccine prevention, APP, vaccination, nasal vaccines, plant-based vaccines, infectious diseases of pigs

Author contributions: Pimenov N.V. — idea and design of the study, editing and scientific supervision; Shashkova A.A., Kruglov A.A. — study implementation and data collection; Shashkova A.A. — analysis of results and writing of the article. All authors have read the final version of the article and approved it.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 14 February 2025; accepted 17 March 2025.

For citation: Pimenov NV, Shashkova AA, Kruglov AA. Modern approaches to the prevention of actinobacillus pleuropneumonia in pigs. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):300–309. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-300-309 EDN: NYGJOP

Введение

Актинобациллезная плевропневмония (АПП) свиней — это высококонтагиозное заболевание, вызванное возбудителем *Actinobacillus pleuropneumoniae* семейства Pasteurellaceae, поражающее как домашних, так и диких свиней [1]. Болезнь может проявляться в различных формах, от острой до хронической, с типичными симптомами, такими как лихорадка, апатия и анорексия [2]. Заболевание представляет проблему во всем мире, в т. ч. и на территории России, и относится к наиболее распространенным респираторным инфекциям в свиноводстве [3]. В РФ прослеживается устойчивая тенденция к увеличению числа хозяйств, пораженных актинобациллезной плевропневмонией. Объяснить это можно импортом племенных животных из Западной Европы и Канады и отсутствием *A. pleuropneumoniae* в перечне инфекций, от которых, согласно ветеринарным требованиям, должны быть свободны ввозимые на территорию РФ живые свиньи [4]. По данным за 2011 г. в России инфекция выявлена в 82 % обследованных хозяйствах [5]. Осложняется ситуация тем, что эффективных методов борьбы против этого заболевания не существует, и во многом это связано с отсутствием перекрестного иммунитета. Согласно данным за 2018 г., лечение антибиотиками остается самым эффективным способом снижения смертности и заболеваемости во время вспышек [6]. Однако частое использование неправильно подобранной антибиотикотерапии при *A. pleuropneumoniae* усугубило ситуацию и привело к возникновению антибиотикорезистентных форм микроорганизмов [5]. Таким образом, одной из главных задач современного свиноводства по всему миру стала разработка коммерчески доступной вакцины с максимально широким спектром действия против АПП.

Цель исследования — предоставить научный обзор о современных подходах к профилактике актинобациллезной плевропневмонии свиней.

Материалы и методы исследования

Исследование проведено с помощью методов систематизации, критического анализа и проблемного обзора.

Инактивированные и субъединичные вакцины

Инактивированные бактериальные вакцины являются наиболее широко используемыми коммерческими вакцинами, но имеют лишь частичную эффективность из-за низкой перекрестной защиты. Также они снижают смертность, но не предотвращают заболевание. Субъединичные вакцины, основанные на токсинах АрхI, АрхII, АрхIII и АрхIV, а также на белках внешней мембраны, показали высокую защитную эффективность в экспериментах на мышах и свиньях. Вакцины, включающие рекомбинантные протоксины (гАрхIA, гАрхIIA и гАрхIIIA), показали отличные результаты в защите и характеризуются низкими побочными эффектами, также способствуют снижению бактериальной нагрузки на легкие и уменьшению тяжести поражений.

Представленная в таблице информация позволяет провести сравнительный анализ доступных вакцин с учетом их иммунобиологических характеристик.

Современные коммерческие вакцины против *A. Pleuropneumoniae*

Наименование, производитель	Классификация, статус, представленный состав	Антигенный состав	
		Серотип	Анатоксины
ВЕРРЕС-ПГА ВЕТБИОХИМ, ООО Россия	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>H. parasuis</i> , <i>P. multocida</i>)	2, 5	–
Вакцина против актинобациллезной плевропневмонии свиней ВНИИЗЖ ФГБУ, Россия	Инактивированная, поливалентная	1, 6, 2, 3	Арх I, Арх II, Арх III, ОМР
КОГЛАПИКС SEVA-PHYLAXIA Veterinary Biologicals Company, Венгрия	Инактивированная, поливалентная	Все	Арх I, Арх II, Арх III, ОМР
Аптовак (Aptovac) Biowet Pulawy Sp. Z.o.o, Польша	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>P. multocida</i>)	2, 6	–
Порцелис APP INTERVET INTERNATIO NAL, B.V., Нидерланды	Инактивированная, поливалентная, субъединичная	Все	Арх I, Арх II, Арх III, ОМР
NEUMOSUIN Laboratorios Hipra, Испания	Инактивированная, поливалентная	2, 4, 5	–
РЕС-ВАК Вакцина против респираторных болезней свиней поливалентная инактивированная АО КОМИФАРМ, Республика Корея	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>H. parasuis</i> , <i>M. hyopneumoniae</i>)	2, 5	–

Окончание табл.

Наименование, производитель	Классификация, статус, представленный состав	Антигенный состав	
		Серотип	Анатоксины
Донобан-10 KBNP, Inc., Республика Корея	Инактивированная, поливалентная, ассоциированная (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>M. hyopneumoniae</i> , <i>S. suis</i> , <i>H. parasuis</i>)	2, 5	OMP
Serkel Pleuro AP Dechra, Англия	Инактивированная, поливалентная	1, 2, 3, 4, 5	–
Suvaxyn Respifed APP Zoetis Inc. США	Инактивированная, поливалентная	1, 5, 7	–

Источник: составлено Н.В. Пименовым, А.А. Шашковой, А.А. Кругловым по [5, 6] и материалам: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр охраны здоровья животных»: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.arriah.ru> (дата обращения: 15.12.2024); Сева Россия: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.ceva-russia.ru> (дата обращения: 15.12.2024); НПК Фарминдустрия: официальный сайт. Режим доступа: <https://pharminindustria.com> (дата обращения: 16.12.2024); Справочник лекарственных препаратов Видаль. Режим доступа: <https://www.vidal.ru> (дата обращения: 15.12.2024); Dechra: официальный сайт. Режим доступа: <https://www.dechra.com.br/buscar> (дата обращения: 17.12.2024); Zoetis: официальный сайт. Режим доступа: <https://www2.ar.zoetis.com/> (дата обращения: 17.12.2024).

Modern commercial vaccines against *A. Pleuropneumoniae*

Name, producer	Classification, status, composition	Antigenic composition	
		Serotype	Anatoxins
VERRES-PGA VETBIOKHM, LLC Russia	Inactivated, polyvalent, associated (<i>H. parasuis</i> , <i>P. multocida</i>)	2, 5	–
Vaccine against actinobacillus pleuropneumonia in pigs FGBI «ARRIAH» Russia	Inactivated, polyvalent	1, 6, 2, 3	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
KOGLAPIX CEVA-PHYLAXIA Veterinary Biologicals Company Hungary	Inactivated, polyvalent	All	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
Aptovac Biowet Pulawy Sp. Z.o.o Poland	Inactivated, polyvalent, associated (<i>P. multocida</i>)	2, 6	–
Porcilis APP INTERVET INTERNATIONAL, B.V. Netherlands	Inactivated, polyvalent, subunit	All	Арх I, Арх II, Арх III, OMP
NEUMOSUIN Laboratorios Hipra Spain	Inactivated, polyvalent	2, 4, 5	–
RES-VAC Polyvalent inactivated vaccine against respiratory diseases in pigs JSC KOMIFARM Republic of Korea	Inactivated, polyvalent, associated (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>H. parasuis</i> , <i>M. hyopneumoniae</i>)	2, 5	–

Ending tabl.

Name, producer	Classification, status, composition	Antigenic composition	
		Serotype	Anatoxins
Donoban-10 KBNP, Inc. Republic of Korea	Inactivated, polyvalent, associated (<i>B. bronchiseptica</i> , <i>P. multocida</i> , <i>M. hyopneumoniae</i> , <i>S. suis</i> , <i>H. parasuis</i>)	2, 5	OMP
Serkel Pleuro AP Dechra England	Inactivated, polyvalent	1, 2, 3, 4, 5	–
Suvaxyn Respifed APP Zoetis Inc. USA	Inactivated, polyvalent	1, 5, 7	–

Source: compiled by N.V. Pimenov, A.A. Kruglov based on [5, 6] and materials from: Federal State-Financed Institution "Federal Centre for Animal Health" (FGBI "ARRIAH"): official website. URL: <https://www.arriah.ru> (accessed: 12.15.2024); Seva Russia: official website. URL: <https://www.ceva-russia.ru> (accessed: 12.15.2024); NPK Pharmaindustria: official website. URL: <https://pharmaindustria.com> (accessed: 12.16.2024); Vidal Drug Directory. URL: <https://www.vidal.ru> (accessed: 12.15.2024); Dechra: official website. URL: <https://www.dechra.com.br/buscar> (date of access: 12.17.2024); Zoetis: official website. URL: <https://www2.ar.zoetis.com/> (date of access: 12.17.2024).

Живые аттенуированные вакцины

Специфичность сероваров *A. pleuropneumoniae* определяется капсульными полисахаридами, данная особенность нашла свое применение в области вакцинологии. Капсула — основной компонент, который защищает бактерию. Искусственные условия способствовали созданию некапсулированных мутантов *A. pleuropneumoniae* для изучения их потенциала с целью разработки вакцин [6]. Однако использование живых аттенуированных вакцин имеет существенный недостаток: у иммунизированных животных вырабатываются антитела против вакцинного штамма, что не позволяет отличить их от инфицированных особей с помощью серологических тестов. Наиболее предпочтительными кандидатами для живых аттенуированных вакцин являются аттенуированные перекрестно-защитные мутанты, которые фенотипически отличаются друг от друга и не содержат вставленных маркеров. Такие мутанты могут обеспечить более эффективную защиту и позволить точно дифференцировать вакцинированных животных от инфицированных. Двойные мутанты, лишённые генов архIIC и архIVA, продемонстрировали высокую иммуногенность и возможность серологической дифференциации между вакцинированными и инфицированными животными [7].

ДНК-вакцины

ДНК-вакцины имеют ряд преимуществ перед другими по причине безопасности при применении, термостабильности, простоты производства и низкой стоимости (небольшого количества плазмидной ДНК достаточно для повышения сильного гуморального и клеточного иммунитета). Все эти факторы делают использование и производство ДНК-вакцин более привлекательными в условиях массового применения и ограниченных ресурсов [6]. В 2009 г. было проведено

исследование под руководством Chung-Hao Chiang и Wei-Fang Huang, результаты которого показали, что наиболее эффективной защитой является вакцина, содержащая гены АрхIA и АрхIIA. Эта вакцина обеспечивала защиту против серотипа 1. Тем не менее, несмотря на сильный иммунный ответ, вакцина, кодирующая белок ArpA, обеспечила ограниченную защиту против серотипа 2 [8]. Таким образом, эффективность ДНК-вакцин может значительно варьироваться в зависимости от конкретного серотипа возбудителя.

Перспективы и новые подходы в создании вакцин

Растения являются привлекательной платформой для систем производства экологически чистых вакцин, а также рассматриваются в качестве средств доставки рекомбинантных вакцин. В разработке оральных вакцин применяются антигены, основанные на токсинах Арх I–IV, которые продемонстрировали высокую эффективность в экспериментах на мышах и свиньях, что подтверждается выявлением специфических антител в сыворотке крови [6]. В 2022 г. при исследовании *Saccharomyces cerevisiae boulardii* оказалось, что кормление свиноматок и их поросят данными дрожжами улучшало рост и вес поросят, а также снижало воспалительный ответ в легких после вакцинации против *A. pleuropneumoniae*. Это указывает на возможное влияние на иммунную систему через ось кишечник — легкие [9].

Назальные вакцины, направленные на лимфоидную ткань носоглотки, вызывают эффективный мукозальный и системный иммунный ответ, обеспечивая защиту от инфекции. Свою способность вызывать иммунную реакцию продемонстрировал трансгенный каллус риса, который экспрессирует фрагмент Арх IIA, вызывая секрецию IgA у мышей [10]. Из чего следует, что данная технология может использоваться для производства вакцин, представляя собой экономически выгодную альтернативу традиционным методам. Трансгенные растения позволяют экспрессировать антигены патогенов, сохраняя их иммуногенные свойства, что делает возможным создание вакцин, которые могут стимулировать иммунный ответ. Из преимуществ одним из главных факторов служит экономичность и безопасность, так как производство вакцин в растениях обходится дешевле и считается более безопасным, сравнительно с традиционными методами. Возможность выращивания растений в больших объемах позволяет производить достаточное количество антигенов для вакцинации [11, 12].

Одно из перспективных направлений в создании вакцины — использование внешних мембранных везикул благодаря их антигенному сходству с внешней мембраной бактерий. Был показан потенциал в качестве адъюванта, усиливающего иммунный ответ на вакцины, хотя их защитная эффективность требует дополнительных исследований. Включение внешних мембранных везикул в вакцинные формулы значительно увеличивает титр специфических IgG, однако не всегда приводит к эффективной защите, так как эти белки не смогли обеспечить защиту вакцинированных животных при заражении патогеном, относящимся к серовару 2 [7, 13].

Результаты исследования и обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о том, что различные типы вакцин против АПП имеют свои преимущества и недостатки.

Так, например, инактивированные вакцины широко используются, безопасны при применении. Но существенный их недостаток — низкая эффективность, связанная с низкой перекрестной защитой.

К достоинствам субъединичных вакцин относятся высокая защитная эффективность, низкие побочные эффекты и снижение бактериальной нагрузки на легкие, но также такие вакцины могут требовать дополнительных компонентов для усиления иммунного ответа.

ДНК-вакцины предоставили возможность создания вакцин с высокой степенью специфичности и потенциал для индукции как клеточного, так и гуморального иммунного ответа. Необходимы дальнейшие исследования для подтверждения эффективности данных вакцин. Идентификация серотипов с помощью мультиплексной ПЦР и других методов диагностики, таких как культуральный метод и обнаружение гена *Arx IV*, важна для выбора подходящей вакцины и понимания эпидемиологии заболевания [14].

В последние годы ученые все больше акцентируют внимание на исследованиях и разработке оральных и назальных вакцин, видя в них значительный потенциал. Одни из ключевых преимуществ этих вакцин — их экономичность и безопасность в процессе производства. Кроме того, удобство и безопасность при использовании таких вакцин делают их привлекательными для массового использования. Также исследования показали, что вакцины на основе мембранных везикул могут индуцировать сильный иммунный ответ, что делает их тоже перспективными кандидатами для борьбы с различными инфекциями [6].

Анализируя данные (см. табл.), мы имеем довольно четкое представление о серотипах, имеющих наибольшее значение в странах-производителях вакцин. Согласно данным за 2014 г. на территории Российской Федерации циркулируют серотипы 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 и 10, с преобладанием серотипов 2 и 5 [15]. Наибольшую угрозу представляет серотип 5, имеющий высокую вирулентность и довольно широкое распространение не только на территории РФ, но и среди представленных в таблице стран. Данный серотип продуцирует токсины *Arx I* и *Arx III*, первый из которых считается наиболее мощным, так как оказывает цитотоксическое и гемолитическое действие. Несколько иначе проявляет себя серотип 2, имеющий среднюю вирулентность, но такое же широкое распространение. Токсин *Arx III*, продуцируемый данным серотипом, обладает цитотоксическим действием [16]. Также важно отметить, что помимо *Actinobacillus pleuropneumoniae*, вызывающих АПП, свиноводство сталкивается с возбудителями таких болезней, как пастереллез, бордетеллез, энзоотическая пневмония, стрептококковая инфекция и гемофильный полисерозит. Эти заболевания могут значительно осложнять ситуацию, усиливая негативное воздействие на здоровье поголовья и увеличивая экономические потери.

Заключение

Несмотря на значительные достижения в разработке вакцин против *A. pleuropneumoniae*, до сих пор не существует вакцины, обеспечивающей полную защиту против всех серотипов. Инновационные подходы показывают перспективы для улучшения защиты и снижения побочных эффектов. Однако для создания более эффективных и безопасных препаратов необходимы дальнейшие исследования и разработки. Одним из главных вызовов остается обеспечение кросс-защиты от различных серотипов бактерии. Это требует глубокого понимания антигенных различий между серотипами и разработки вакцин, способных индуцировать широкий иммунный ответ. Комплексный подход, включающий научные исследования, обзоры, разработку новых технологий и инновационные методы вакцинации, являются ключом к решению этой задачи.

Список литературы / References

1. Lebedev IG, Pimenov NV, Lomskov MA. Domestikatsiya zhivotnykh — biologicheskaya transformatsiya i ee nozologicheskie posledstviya domestikatsiya zhivotnykh [Animal domestication — biological transformation and its nosological consequences: The monograph.] Moscow: K.I. Scriabin Moscow State Pedagogical University. 2020; 256. (In Russ.).
Лебедев И.Г., Пименов Н.В., Ломсков М.А. Доместикация животных — биологическая трансформация и ее нозологические последствия : монография. М. : ФГБОУ ВО МГАВМиБ — МВА имени К.И. Скрябина, 2020. С. 256.
2. Sassu E, Bossé J, Tobias T, Gottschalk M, Langford P, Hennig-Pauka I. In vivo testing of novel vaccine prototypes against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research*. 2018;49(1):4. doi:10.1186/s13567-017-0502-x EDN: WMJBVH
3. Kruglov AA, Royenko AD, Pimenov NV. Comparative assessment of the accumulation of microorganisms of *Actinobacillus pleuropneumoniae* on nutrient media of domestic and imported production for the production of vaccines against actinobacillus pleuropneumonia in pigs. *The Veterinarian*. 2024;(6):70–74. (In Russ.). doi: 10.33632/1998-698X_2024_6_70 EDN: HMCCOJ
Круглов А.А., Роевко А.Д., Пименов Н.В. Сравнительная оценка накопления биомассы *Actinobacillus pleuropneumoniae* на питательных средах отечественного и импортного производства для изготовления вакцины против актинобациллезной плевропневмонии свиней // Ветеринарный врач. 2024. № 6. С. 70–74. doi: 10.33632/1998-698X_2024_6_70 EDN: HMCCOJ
4. Yevgrafova VA, Pruntova OV, Shadrova NB, Timina AM. Properties of *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolates. *Veterinary Science Today*. 2023;12(2):178–184. (In Russ.). doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-178-184 EDN: PFRAUI
Евграфова В.А., Прунтова О.В., Шадрова Н.Б., Тимина А.М. Свойства изолятов *Actinobacillus pleuropneumoniae* // Ветеринария сегодня. 2023. Т. 12. № 2. С. 178–184. doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-2-178-184 EDN: PFRAUI
5. Pruglo VV. Vaksinoprofilaktika aktinobatsilleznoi plevropnevmonii svinei [Vaccinoprophylaxis of actinobacillus pleuropneumonia in pigs]. *Pigbreeding*. 2011;(1):63. (In Russ.).
Пругло В.В. Вакцинопрофилактика актинобациллезной плевропневмонии свиней // Журнал Свиноводство. 2011. № 1. С. 63.
6. Loera-Muro A, Angulo C. New trends in innovative vaccine development against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Microbiology*. 2018;217:66–75. doi: 10.1016/j.vetmic.2018.02.028
7. Jinlin L, Xia C, Liwen L, Chen T, Yan C, Yi G, Meilin J, Aizhen G, Weicheng B, Huanchun C. Potential use an *Actinobacillus pleuropneumoniae* double mutant strain DeltaapxIICDeltaapxIVA as live vaccine that allows serological differentiation between vaccinated and infected animals. *Vaccine*. 2007;25(44):7696–7705. doi: 10.1016/j.vaccine.2007.07.053
8. Chiang CH, Huang WF, Huang LP, Lin SF, Yang WJ. Immunogenicity and protective efficacy of ApxIA and ApxIIA DNA vaccine against *Actinobacillus pleuropneumoniae* lethal challenge in murine model. *Vaccine*. 2009;27(34):4565–4570. doi: 10.1016/j.vaccine.2009.05.058

9. Bravo de Laguna F, Cabrera C, Belén González A, de Pascual C, José Pallarés F, Chevaux E, Castex M, Saornil D, Lebreton P, Ramis G. Effect of Feeding *Saccharomyces cerevisiae boulardii* CNCM I-1079 to Sows and Piglets on Piglets' Immune Response after Vaccination against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Animals (Basel)*. 2022;12(19):2513. doi: 10.3390/ani12192513 EDN: HDZRVK
10. Kim MY, Kim TG, Yang MS. Production and immunogenicity of *Actinobacillus pleuropneumoniae* ApxIIA protein in transgenic rice callus. *Protein Expression and Purification*. 2017;132:116–123. doi:10.1016/j.pep.2016.05.010
11. Tiwari S, Verma PC, Singh PK, Tuli R. Plants as bioreactors for the production of vaccine antigens. *Biotechnology Advances*. 2009;27(4):449–467. doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.03.006 EDN: LFZBUW
12. Guan ZJ, Guo B, Huo YL, Guan ZP, Dai JK, Wei YH. Recent advances and safety issues of transgenic plant-derived vaccines. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2013;97(7):2817–2840. doi: 10.1007/s00253-012-4566-2 EDN: RJPBED
13. Antenucci F, Fougeroux C, Deeney AS, Ørskov C, Rycroft A, Holst PJ, Bojesen AM. In vivo testing of novel vaccine prototypes against *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research*. 2018;49(1):4. doi: 10.1186/s13567-017-0502-x EDN: WMJBVH
14. Cuccato M, Divari S, Ciaramita S, Sereno A, Campelli D, Biolatti P, Biolatti B, Meliotta F, Bollo E, Cannizzo F. *Actinobacillus pleuropneumoniae* Serotypes by Multiplex PCR Identification and Evaluation of Lung Lesions in Pigs from Piedmont (Italy) Farms. *Animals (Basel)*. 2024;14(15):2255. doi: 10.3390/ani14152255 EDN: QFYNPR
15. Potekhin AV, Rusaleev VS. Monitoring of antibiotic resistance of *Actinobacillus pleuropneumoniae* isolated in the Russian Federation in 2012–2014. *Veterinary Science Today*. 2016;(1):24–29. (In Russ.).
16. Потехин А.В., Русалеев В.С. Мониторинг антибиотикорезистентности изолятов *Actinobacillus pleuropneumoniae*, выделенных в Российской Федерации в 2012–2014 гг. // Ветеринария сегодня. 2016. № 1. С. 24–29.
17. Bossé JT, Janson H., Sheehan BJ, Beddek AJ, Rycroft AN, Kroll JS, Langford PR. *Actinobacillus pleuropneumoniae*: pathobiology and pathogenesis of infection. *Microbes and Infection*. 2002;4(2):225–235. doi: 10.1016/s1286-4579(01)01534-9

Об авторах:

Пименов Николай Васильевич — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1658-1949 SPIN-код: 1911–3815

Шашкова Александра Артемовна — студент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: aa.shashkova17@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9434-675X

Круглов Александр Александрович — аспирант кафедры иммунологии и биотехнологии, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (МВА имени К.И. Скрябина), Российская Федерация, 109472, г. Москва, ул. Академика Скрябина, д. 23; e-mail: kruglova@biocombinat.ru

About the authors:

Pimenov Nikolay Vasilievich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: pimenov-nikolai@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1658-1949 SPIN-code: 1911–3815

Shashkova Alexandra Artemovna — student, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: aa.shashkova17@gmail.com

ORCID: 0009-0002-9434-675X

Kruglov Alexander Alexandrovich — PhD student of the Department of Immunology and Biotechnology, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology — MVA named after K.I. Skryabin, 23 Akademika Skryabina St., Moscow, 109472, Russian Federation; e-mail: kruglova@biocombinat.ru



DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-310-322

EDN NYSUDP

УДК 619:616

Научная статья / Research article

Эпидемиологические характеристики собак с зубным камнем: 392 случая в 2012–2020 гг.

А.С. Спирина^{1,2}✉, О.А. Спирина^{2,3} , В.С. Бычков⁴ , А.М. Ермаков¹ ¹Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация²Учебный и ветеринарный центр «Денталвет», г. Москва, Российская Федерация³Российский биотехнологический университет, г. Москва, Российская Федерация⁴Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация

✉ SpirinaAnnaS@yandex.ru

Аннотация. Зубной камень является местным раздражителем для прилегающих мягких тканей и вызывает воспалительную реакцию, способствующую развитию заболеваний пародонта. Так как минерализованный зубной налет содержит бактериальные токсины, могут развиваться системные инфекции. Проведен ретроспективный анализ состояния ротовой полости 392 собак с зубным камнем, поступивших на комплексное стоматологическое обследование и санацию ротовой полости в ветеринарный центр «Денталвет» в период 2012–2020 гг. Для определения факторов риска образования зубного камня выполнен анализ эпидемиологических данных. Исследование показало, что в группу повышенного риска заболеваний пародонта вошли собаки мелких пород в возрасте от 1 года до 5 лет. Приведены таблицы с индексами зубного налета и камня, возрастная характеристика собак, численность групп собак по типу черепа и породам, фотографии и интраоральные рентгеновские снимки разных стадий патологии пародонта.

Ключевые слова: минерализованный зубной налет, санация ротовой полости, заболевания пародонта у собак

Вклад авторов: Спирина А.С. — основной вклад в написание статьи, сбор и анализ информации, интерпретация результатов исследования, концепция и дизайн, работа с фотоматериалами; Спирина О.А. — существенный вклад в написание статьи, подготовка текста, литературный обзор; Бычков В.С. —

© Спирина А.С., Спирина О.А., Бычков В.С., Ермаков А.М., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

составление графиков и таблиц; Ермаков А.М. — консультант. Все авторы ознакомились с окончательной версией рукописи и одобрили ее.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 24 сентября 2024 г., принята к публикации 28 февраля 2025 г.

Для цитирования: Спирина А.С., Спирина О.А., Бычков В.С., Ермаков А.М. Эпидемиологические характеристики собак с зубным камнем: 392 случая в 2012–2020 гг. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 310–322. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-310-322 EDN: NYSUDP

Epidemiological characteristics of dogs with dental calculus: 392 cases (2012–2020)

Anna S. Spirina^{1,2}✉, Olga A. Spirina^{2,3}, Vladislav S. Bychkov⁴,
Aleksy M. Ermakov¹

¹Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

²Dentalvet Educational and Veterinary Center, Moscow, Russian Federation

³ROSBIOTECH, Moscow, Russian Federation

⁴Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

✉ SpirinaAnnaS@yandex.ru

Abstract. Dental calculus is a local irritant to adjacent soft tissues, causing an inflammatory response that contributes to the development of periodontal diseases. Mineralized plaque contains bacterial toxins, which can lead to systemic infections. A retrospective analysis of the oral cavity condition of 392 dogs with dental calculus admitted for a comprehensive dental examination and oral sanitation to the Dentalvet veterinary center in 2012–2020 was conducted. An analysis of epidemiological data was performed to determine the risk factors for dental calculus formation. The study showed that small breed dogs aged 1 to 5 years were included in high-risk group for periodontal diseases. Tables with data on dental plaque and calculus indices, age characteristics of dogs, number of dog groups by skull type and breed, photographs and intraoral X-rays were provided.

Key words: mineralized dental plaque, oral cavity sanitation, periodontal disease in dogs

Authors' contribution: Spirina A.S. — the main contribution to writing the manuscript, data collection and analysis, interpretation of the research results, concept and design, work with photomaterials; Spirina O.A. — significant contribution to writing the manuscript, literature review; Bychkov V.S. — making graphs and tables; Ermakov A.M. — consultant. All authors reviewed the final version of the manuscript and approved it.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 24 September 2024; accepted 28 February 2025.

For citation: Spirina AS, Spirina OA, Bychkov VS, Ermakov AM. Epidemiological characteristics of dogs with dental calculus: 392 cases (2012–2020). *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):310–322. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-310-322 EDN: NYSUDP

Введение

Образование зубного камня у собак начинается в возрасте младше 1 года и проявляется характерным зернистым желто-коричневым кальцинированным налетом на буккальных поверхностях верхнечелюстных моляров и премоляров вблизи протоков слюнных желез [1, 2]. У собак зубной камень повышает вероятность заболеваний пародонта, что в тяжелых случаях способно привести к голоданию в результате невозможности приема корма [2]. Кроме того, вызванная зубным камнем патология пародонта становится основным фактором, приводящим к потере зубов, а также может вызвать функциональные нарушения различных органов, таких как сердце, легкие и почки [3–5]. Изучение эпидемиологических характеристик собак с зубным налетом, поступающих для санации ротовой полости, приобретает особую актуальность из-за высокой распространенности заболеваний пародонта, достигающей 80...85 % [3].

Цель исследования — представить эпидемиологические характеристики собак с зубным камнем, изучить результаты эпидемиологического исследования, показать теоретическую и практическую значимость для ветеринарных врачей при проведении рутинной санации ротовой полости собакам.

Материалы и методы исследования

Ретроспективный анализ проводился на основании данных историй болезни собак, поступивших в ветеринарный центр «Денталвет» в 2012–2020 гг. для санации ротовой полости. Всем пациентам выполнили комплекс диагностических процедур, включающий сбор и изучение анамнеза, экстраоральный (внеротовой) осмотр, предварительный интраоральный (внутриротовой) осмотр, инструментальный осмотр полости рта под общей анестезией, серию интраоральных рентгенограмм с заполнением стоматологической карты. Выполнялись снятие супрагингивальных (наддесневых) зубных отложений и субгингивальная (поддесневая) очистка встроенным ультразвуковым скейлером стоматологической установки WODent/Vet 330 («Денталвет», Россия). Для анализа из всех обследованных пациентов выбрали только животных с зубным налетом и/или камнем, исключив собак с другими заболеваниями пародонта, в т.ч. гингивитом и периодонтитом. Всего в анализ вошло 392 собаки с зубным налетом и/или камнем.

Для статистического анализа провели оценку эпидемиологических характеристик отобранной группы пациентов по следующим критериям: возраст на момент обращения, пол, порода. Владелец собаки заполнял анкету анамнеза жизни и болезни животного.

Результаты исследования и обсуждение

За восемь лет с 2012 по 2020 г. в ветеринарный центр «Денталвет» для профилактической санации ротовой полости без сопутствующих патологий зубочелюстной системы только с зубным налетом и/или камнем поступили 392 собаки.

Оценка состояния полости рта пациента выявляла зубной налет в виде характерной тонкой пленки на зубе, образованной конгломерацией бактерий, слущенным эпителием и микроскопическими остатками частиц корма. Зубным камнем считался минерализованный зубной налет.

Формирование зубного камня условно разделяют на три стадии. На первой стадии входящие в состав слюны макромолекулярные соединения — гликопротеины — прикрепляются к поверхности зуба, образуя пелликулы или бесклеточную пленку [6]. В дальнейшем на сформировавшейся зубной пленке отмечается начальная адгезия бактерий с созреванием бляшки [7, 8]. Минерализация зубного налета с отложением неорганических солей приводит к образованию зубного камня [8]. По структуре зубной камень представляет смесь карбоната и фосфата кальция с шероховатой и пористой поверхностью [8]. Архитектоника кальцинированной зубной биопленки, особенно рядом с десной, способствует прогрессированию заболеваний пародонта [3]. Осложнения от зубного камня в виде воспалительной реакции окружающих тканей инициируется как непосредственным повреждающим воздействием бактериальных патогенов, так и неадекватным иммунным ответом на бактериальную инфекцию [3].

В стоматологической карте площадь поражения поверхности каждого зуба у обследованных пациентов указывали в виде индекса зубного налета от 0 до 4 степени. Зависимость степени поражения от площади зубного налета приведена в табл. 1, разная степень зубного налета и зубного камня — на фото (рис. 1–3).

Таблица 1

Table 1

Индекс зубного налета у собак		Dental plaque index in dogs	
Индекс	Зубной налет (площадь на поверхности зуба), %	Index	Dental plaque (area on tooth surface), %
0	Нет	0	No
1	1...24	1	1...24
2	25...49	2	25...49
3	50...74	3	50...74
4	75...100	4	75...100

Источник: Спирина А.С., Спирина О.А., Ермаков А.М. Санация ротовой полости у собак. Заполнение стоматологической карты : учебное пособие. Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. 25 с.

Source: Spirina AS, Spirina OA, Ermakov AM. *Sanatsiya rotovoi polosti u sobak. Zapolnenie stomatologicheskoi karty* [Oral cavity sanitation in dogs. Filling out a dental card]. Rostov-on-Don, 2023.



Рис. 1. Здоровая десна и чистый зуб (204 зуб)

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 1. Healthy gums and clean tooth (204 tooth)

Source: VTC "Dentalvet".



Рис. 2. Плотный зубной налет — индекс 2 (208 зуб)

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 2. Dental plaque — index 2 (208 tooth).

Source: VTC "Dentalvet".



Рис. 3. Плотный зубной налет — индекс 2 (108, 104, 404 зубы)

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 3. Dental plaque — index 2 (108,104,404 teeth)

Source: VTC "Dentalvet".

У обследованных пациентов зубной камень характеризовали как минерализованный зубной налет. Индекс зубного камня отмечали по табл. 2.

Таблица 2

Table 2

Индекс зубного камня

Dental calculus index

Индекс	Зубной камень(площадь поражения поверхности зуба), %
0	Нет
1	1...24
2	25...49
3	50...74

Index	Dental calculus (area of tooth surface affected), %
0	No
1	1...24
2	25...49
3	50...74

Источник: Спирина А.С., Спирина О.А., Ермаков А.М. Санация ротовой полости у собак. Заполнение стоматологической карты : учебное пособие. Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. 25 с.

Source: Spirina AS, Spirina OA, Ermakov AM. Sanatsiya rotovoi polosti u sobak. Zapolnenie stomatologicheskoi karty [Oral cavity sanitation in dogs. Filling out a dental card]. Rostov-on-Don; 2023.

На фотографиях (рис. 4–9) представлены зубной камень различных степеней и характерные для него рентгенологические изменения.



Рис. 4. Зубной камень 1 степени (109, 108, 104 зуб)

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 4. Dental calculus stage 1 (109, 108, 104)

Source: VTC "Dentalvet".



Рис. 5. Интраоральная рентгенограмма при зубном камне 1 степени

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 5. Intraoral radiograph for stage 1 dental calculus

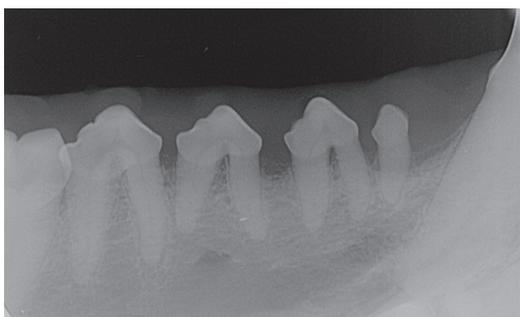
Source: VTC "Dentalvet".



а



б



в



г

Рис. 6. Зубной камень: а – 1 ст. (409 зуб) и 3 ст. (404 зуб); б – 2 ст. (409–405 зубы); в и г – интраоральная рентгенограмма при зубном камне 2 ст.

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 6. Dental calculus: а – stage 1 (409 tooth) and stage 3 (404 tooth); б – stage 2 (409–405 teeth); в and г – intraoral radiograph for stage 2 dental calculus.

Source: VTC "Dentalvet".



Рис. 7. Зубной камень 2 ст.: а – 109–106 зубы; б – интраоральная рентгенограмма
Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 7. Dental calculus stage 2: а – 109–106 teeth; б – Intraoral radiograph for stage 2 dental calculus
Source: VTC "Dentalvet".



а



б



в

Рис. 8. Зубной камень 3 ст.: а – квадрант 100; б и в – интраоральная рентгенограмма
Источник: УВЦ «Денталвет».

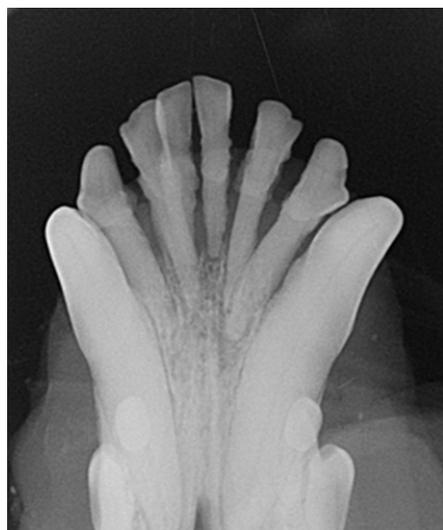
Fig. 8. Dental calculus stage 3: а – quadrant 100; б and в – Intraoral radiograph
for stage 3 dental calculus
Source: VTC "Dentalvet".



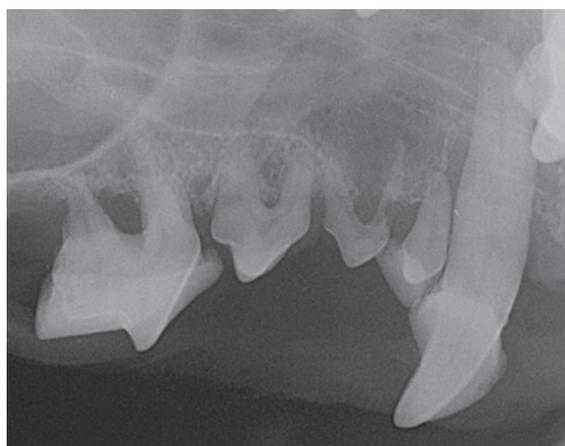
а



б



в



г

Рис. 9. Зубной камень 4 степени (а, б) и его интраоральная рентгенограмма (в, г)

Источник: УВЦ «Денталвет».

Fig. 9. Dental calculus stage 4 (а, б) and Intraoral radiograph for stage 4 dental calculus (в, г)

Source: VTC "Dentalvet".

Характеристика собак с зубным камнем по возрасту приведена на рис. 10. Как видно из приведенных данных, собаки в возрасте до 1 года с зубным камнем составили 19,4 % от всех поступивших животных (76/392 случаев). Наибольшую группу составили собаки в возрасте от 1 года до 5 лет — 190/392 животных, или 48,7 % от всех поступивших на санацию. Возрастную группу 6-10 лет составили 104/392 животных, или 26,5 % всех пациентов. В гериатрическую группу старше 11 лет вошло 22/392 собаки, или 5,6 % из пролеченных.

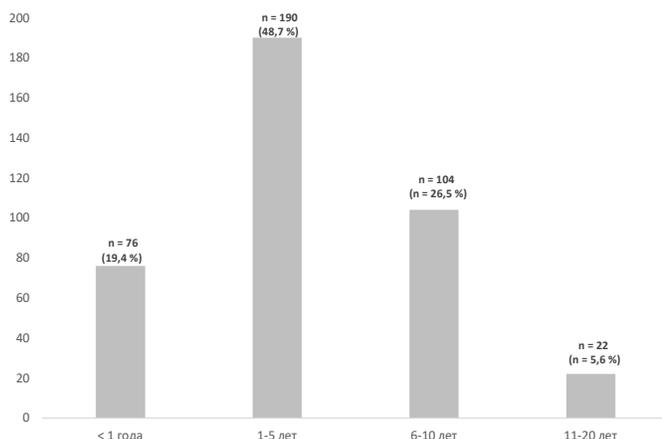


Рис. 10. Возрастная характеристика собак с зубным камнем по группам ($n = 392$)
 Источник: УВЦ «Денталвет».

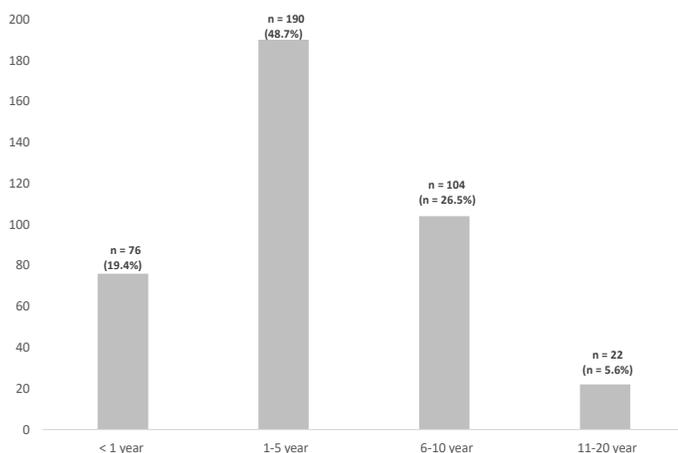


Fig. 10. Age characteristics of dogs with dental calculus by groups ($n = 392$)
 Source: VTC "Dentalvet".

Животных с пораженными зубами распределили на подгруппы по типу черепа и выявили значительное преобладание собак с мезоцефалическим строением черепа — 90,8 % из всех поступивших пациентов (табл. 3).

Таблица 3

Численность групп пациентов по типу черепа

Строение черепа	Количество пациентов ($n = 392$)	Доля от всех поступивших пациентов, % ($n = 392$)
Брахицефалы	16	4,1
Мезоцефалы	356	90,8
Долихоцефалы	20	5,1

Источник: УВЦ «Денталвет».

Animal groups by skull type

Skull type	Number of animals ($n = 392$)	Proportion of all admitted animals, % ($n = 392$)
Brachycephalians	16	4.1
Mesocephalians	356	90.8
Dolichocephalians	20	5.1

Source: VTC "Dentalvet".

Из приведенных данных по частоте встречаемости собак различных пород среди поступивших пациентов с зубным камнем (рис. 11) следует: чаще всего зубной камень выявлялся у пород йоркширский терьер (80/392 собак, 20,4%), той-терьер (30/392, 7,65%), шпиц (30/392, 7,65%), такса (20/392, или 5,1% собак) и чихуахуа (18/392, или 4,5%).

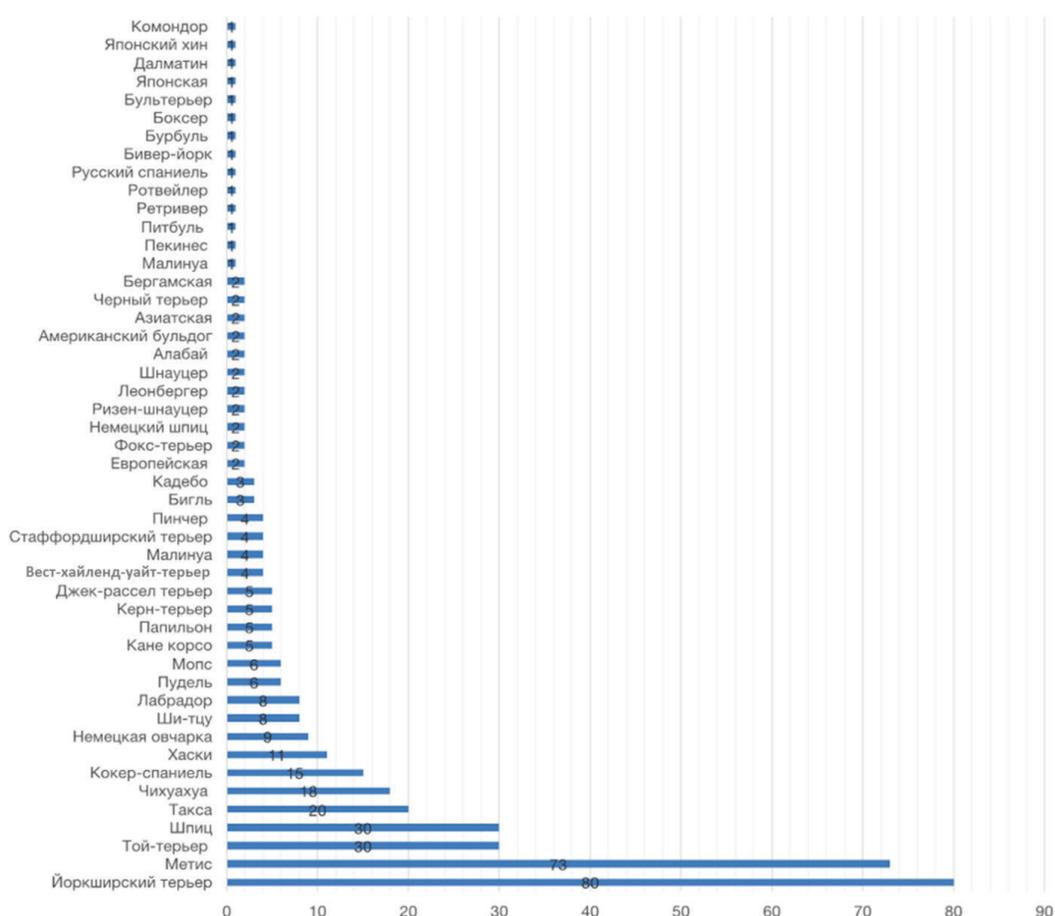


Рис. 11. Частота встречаемости собак различных пород с зубным камнем (392 пациента)

Источник: УВЦ «Денталвет».

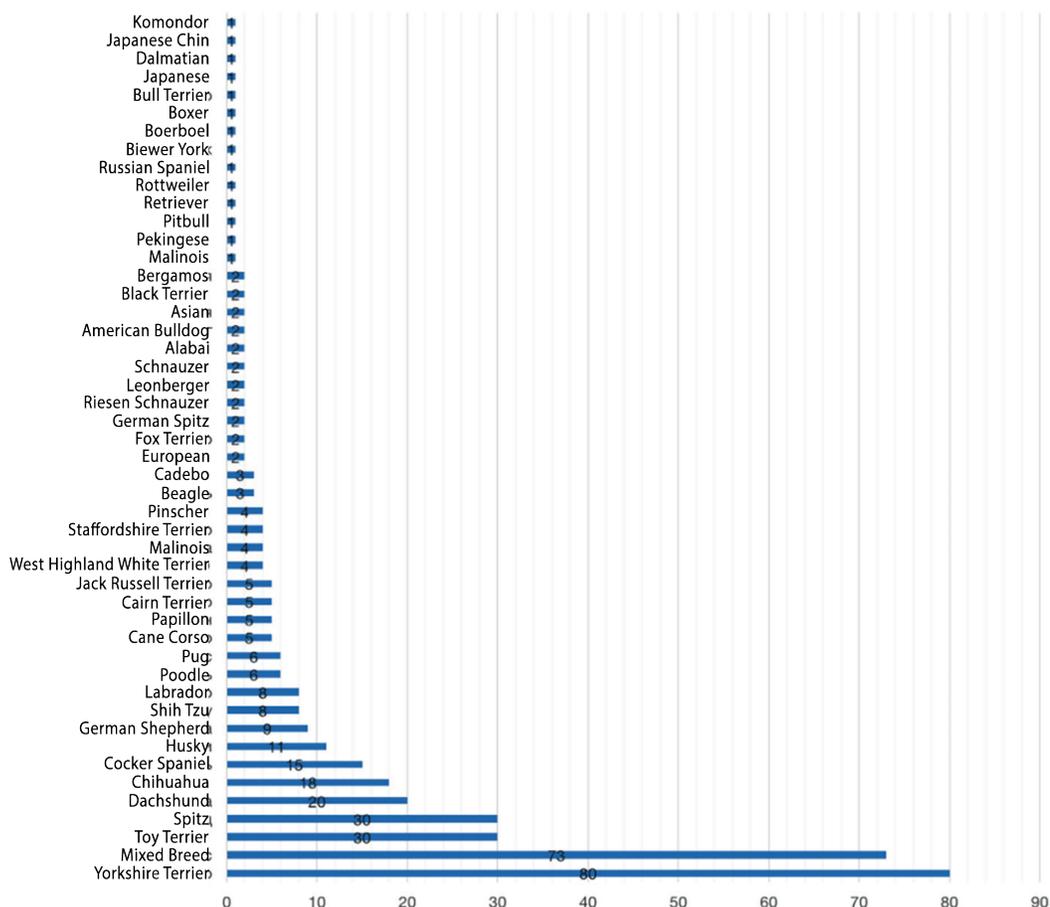


Fig. 11. The prevalence of dental calculus in dogs of various breeds (392 animals)
 Source: VTC "Dentalvet".

Заключение

Образование зубного налета встречается у животных младше 1 года — пятая часть наблюдаемых в клинике собак. Наиболее часто на санацию поступали собаки в возрасте от 1 года до 5 лет, что составило 48,7 % от всех поступивших на санацию. Профилактику стоматологических заболеваний с профессиональным осмотром рекомендуется выполнять 1 раз в год у собак старше 1 года.

Наиболее часто зубной налет и/или камень встречались у мелких пород, с преобладанием в группе йоркширских терьеров, тойтерьеров, шпицев, такс, чихуахуа, что позволяет рассматривать указанные породы собак как группу повышенного риска образования зубного камня с дальнейшим развитием пародонтита. Собакам этих пород показана профилактическая санация ротовой полости 1 раз в 2 года.

Анализ продемонстрировал наименьшую подверженность образованию зубного камня и развитию пародонтита у крупных пород собак, что, скорее всего,

обусловлено анатомо-физиологическими особенностями и, как следствие, более крепким здоровьем зубочелюстной системы.

Численность поступивших с зубным камнем пациентов по типу черепа собаки (долихо-, мезо- и брахицефалы) значительно различалась, что, вероятнее всего, объясняется общей частотой представленности собак мезоцефалических пород.

Список литературы / References

1. Borah BM, Halter TJ, Xie B, Henneman ZJ, Siudzinski TR, Harris S, et al. Kinetics of canine dental calculus crystallization: an *in vitro* study on the influence of inorganic components of canine saliva. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2014;425:20–26. doi: 10.1016/j.jcis.2014.03.029
2. Coignoul E, Cheville N. Calcified microbial plaque. Dental calculus of dogs. *American Journal of Pathology*. 1984;117(3):499–501.
3. Harvey CE. Periodontal disease in dogs: etiopathogenesis, prevalence, and significance. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 1998;28(5):1111–1128. doi: 10.1016/S0195-5616(98)50105-2
4. Harvey C. The Relationship between periodontal infection and systemic and distant organ disease in dogs. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*. 2022;52(1):121–137. doi: 10.1016/j.cvs.2021.09.004 EDN: LIURPO
5. DeBowes LJ, Mosier D, Logan E, Harvey CE, Lowry S, Richardson DC. Association of periodontal disease and histologic lesions in multiple organs from 45 dogs. *Journal of Veterinary Dentistry*. 1996;13(2):57–60. doi: 10.1177/089875649601300201
6. Enax J, Ganss B, Amaechi BT, Schulze zur Wiesche E, Meyer F. The composition of the dental pellicle: an updated literature review. *Frontiers Oral Health*. 2023;4:1260442. doi: 10.3389/froh.2023.1260442
7. Jin Y, Yip HK. Supragingival calculus: formation and control. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*. 2002;13(5):426–441. doi: 10.1177/154411130201300506
8. Friskopp J, Isacson G. A quantitative microradiographic study of mineral content of supragingival and subgingival dental calculus. *European Journal of Oral Sciences*. 1984;92(1):25–32. doi: 10.1111/j.1600-0722.1984.tb00855.x
9. Evstropov V, Zelenkova G, Tresnitskii S, Ermakov A, Spirina A, Bykadorov P, et al. Immunological aspects of inflammatory periodontal disease (analytical review). In: *8th Innovative Technologies in Science and Education: conference proceedings*. EDP Sciences; 2020. p.06005 doi: 10.1051/e3sconf/202021006005 EDN: FHMJPH
10. Crossley DA, Penman S. *BSAVA Manual of Small Animal Dentistry*. Wiley; 1995.
11. Spirina OA, Spirina AS. Infective endocarditis in dogs associated with periodontal disease. *Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology: conference proceedings*. 2024. p.133–140. (In Russ.). doi: 10.31016/vet.san.2024-121-22 EDN: OWACGK
Спирина О.А., Спирина А.С. Инфекционный эндокардит у собак, ассоциированный с заболеванием пародонта // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии : сб. науч. трудов. 2024. № 221. С. 133–140. doi: 10.31016/vet.san.2024-121-22 EDN: OWACGK
12. Santibáñez R, Rodríguez-Salas C, Flores-Yáñez C, Garrido D, Thomson P. Assessment of changes in the oral microbiome that occur in dogs with periodontal disease. *Veterinary Sciences*. 2021;8(12):291. doi: 10.3390/vetsci8120291
13. Wallis C, Holcombe LJ. A review of the frequency and impact of periodontal disease in dogs. *Journal of Small Animal Practice*. 2020;61(9):529–540. doi: 10.1111/jsap.13218 EDN: TCQDTG
14. Ruparell A, Wallis C, Haydock R, Cawthrow A, Holcombe LJ. Comparison of subgingival and gingival margin plaque microbiota from dogs with healthy gingiva and early periodontal disease. *Research in Veterinary Science*. 2021;136:396–407. doi: 10.1016/j.rvsc.2021.01.011 EDN: PBAMHV
15. Stella JL, Bauer AE, Croney CC. A cross-sectional study to estimate prevalence of periodontal disease in a population of dogs (*Canis familiaris*) in commercial breeding facilities in Indiana and Illinois. *PLoS ONE*. 2018;13(1): e0191395. doi: 10.1371/journal.pone.0191395

Об авторах:

Спирина Анна Сергеевна — кандидат ветеринарных наук, доцент, заведующая кафедрой стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, Донской государственный технический университет, Российская

Федерация, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; старший преподаватель, Учебный и ветеринарный центр «Денталвет», Российская Федерация, 109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 2/1, помещение 5; e-mail: SpirinaAnnaS@yandex.ru

SPIN-код: 3535-8732

Спирина Ольга Александровна — старший преподаватель, Учебный и ветеринарный центр «Денталвет», Российская Федерация, 109431, г. Москва, ул. Авиаконструктора Миля, д. 2/1, помещение 5; аспирант, Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ), Российская Федерация, 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11; e-mail: spirinaoa@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3160-8062 SPIN-код: 7457-6591

Бычков Владислав Сергеевич — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарной медицины, Российский государственный аграрный университет — МСХА имени К.А. Тимирязева, Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: vlad91bd@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1548-9999 SPIN-код: 1529-7483

Ермаков Алексей Михайлович — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой биологии и общей патологии, Донской государственный технический университет, Российская Федерация, 344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, д. 1; E-mail: amermakov@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9834-3989 SPIN-код: 5358-3424

About authors:

Spirina Anna Sergeevna — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Dentistry and Maxillofacial Surgery, Don State Technical University, 1 Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation; Senior Lecturer, Dentalvet Educational and Veterinary Center, 2/1 Aviakonstruktora Milya st., Moscow, 109431, Russian Federation; e-mail: SpirinaAnnaS@yandex.ru

SPIN-code: 3535-8732

Spirina Olga Aleksandrovna — Senior Lecturer, Dentalvet Educational and Veterinary Center, 2/1 Aviakonstruktora Milya st., Moscow, 109431, Russian Federation; postgraduate student, Russian Biotechnological University (ROSBIOTECH), 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation; e-mail: spirinaoa@gmail.com

ORCID: 0000-0003-3160-8062 SPIN-code: 7457-6591

Bychkov Vladislav Sergeevich — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor, Department of Veterinary Medicine, Russian State Agrarian University — Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya st., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: vlad91bd@yandex.ru

ORCID: 0000-0003-1548-9999 SPIN-code: 1529-7483

Ermakov Aleksey Mikhailovich — Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and General Pathology, Don State Technical University, 1 Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344010, Russian Federation; e-mail: amermakov@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-9834-3989 SPIN-code: 5358-3424



DOI 10.22363/2312-797X-2025-20-2-323-332

EDN ODGYVF

УДК 619:578.834

Научная статья / Research article

Иммунологические показатели при серозно-катаральном воспалении вымени у лактирующих коров

М.Е. Остякова¹ , К.С. Косицына^{1,2}  , В.К. Ирхина¹ 

¹Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт,
г. Благовещенск, Российская Федерация

²Дальневосточный государственный аграрный университет, г. Благовещенск, Российская
Федерация

 kсениya-kos1997@yandex.ru

Аннотация. Целью исследования является изучение иммунологических параметров крови у лактирующих коров при серозно-катаральном воспалении вымени для выявления патогенетических механизмов заболевания. Исследования проводили осенью в одном из животноводческих хозяйств Амурской области. Объект исследования — лактирующие коровы голштинской породы на 2–4 мес. лактации. Группы коров формировали по 10 голов в каждой: контрольная (здоровые) и опытная (больные серозно-катаральным маститом). Воспалительный процесс в молочной железе лактирующих коров был обусловлен повреждением тканей и осложнен условно-патогенной микрофлорой. У больных животных отмечали нарушения белкового обмена (гипоальбуминемия, диспротеинемия) и признаки гемоконцентрации (повышенный гематокрит и гемоглобин, эритроцитоз). Условно-патогенная микрофлора и продукты воспаления в молочной железе стимулировали клеточный и гуморальный иммунитет.

Ключевые слова: воспаление молочной железы, биохимические показатели крови, иммунологические показатели крови, иммунитет, молочный скот

Вклад авторов: Остякова М.Е. — руководитель исследований, разработала концепцию исследования, провела анализ данных и интерпретацию результатов; Косицына К.С. — участвовала в сборе данных, проводила экспериментальные исследования, внесла вклад в редактирование текста; Ирхина В.К. — участвовала в сборе данных, проводила экспериментальные исследования.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 18 марта 2025 г., принята к публикации 14 апреля 2025 г.

© Остякова М.Е., Косицына К.С., Ирхина В.К., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Для цитирования: Остякова М.Е., Косицына К.С., Ирхина В.К. Иммунологические показатели при серозно-катаральном воспалении вымени у лактирующих коров // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 323–332. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-323-332 EDN: ODGYVF

Immunological parameters in serous catarrhal inflammation of the udder in lactating cows

Marina E. Ostyakova¹ , Kseniya S. Kositsyna^{1,2}  , Vera K. Irkhina¹ 

¹Far East Zone Research Veterinary Institute, *Blagoveshchensk, Russian Federation*

²Far Eastern State Agrarian University, *Blagoveshchensk, Russian Federation*

 kseniya-kos1997@yandex.ru

Abstract. The aim of this study is to investigate the immunological parameters of blood in lactating cows with serous-catarrhal mastitis to identify the pathogenetic mechanisms of the disease. The research was carried out in autumn in one of the livestock farms of the Amur region. The object of the study was lactating cows of Holstein breed at 2–4 months of lactation. Groups of cows were formed by 10 animals in each: control (healthy) and experimental (sick with serous catarrhal mastitis). The inflammatory process in the mammary gland of lactating cows was caused by tissue damage and complicated by opportunistic microflora. Protein metabolism disorders (hypoalbuminemia, dysproteinemia) and signs of haemoconcentration (increased haematocrit and haemoglobin, erythrocytosis) were observed in sick animals. Conditionally pathogenic microflora and products of inflammation in the mammary gland stimulated cellular and humoral immunity.

Key words: mammary gland inflammation, biochemical and immunological blood parameters, immunity, dairy cattle

Authors contributions: Ostyakova M.E. — head of the research, developed the study concept, conducted data analysis and interpretation of the results; Kositsyna K.S. — data collection, conducted experimental studies, contributed to editing the text; Irkhina V.K. — participated in data collection, conducted experimental studies.

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 18 March 2025, accepted 14 April 2025.

For citation: Ostyakova ME, Kositsyna KS, Irkhina VK. Immunological parameters in serous-catarrhal inflammation of the udder in lactating cows. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2): 323–332. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-323-332 EDN: ODGYVF

Введение

Мастит — основная причина снижения удоев, качественных показателей молока, сокращения молочной продукции и преждевременной выбраковки животных [1]. Частой причиной маститов являются микротравмы, к которым присоединяется воспаление. Воспаление осложняется патогенной и условно-патогенной микрофлорой: *Staphylococcus aureus*, коагулазонегативные стафилококки (КНС),

Streptococcus agalactiae, *Streptococcus dysgalactiae*, *Mycoplasma bovis*, *Mycoplasma* spp., *Corynebacterium bovis* [2, 3].

Интенсивное содержание молочного скота существенно влияет на иммунитет молочной железы и способность организма лактирующих коров противостоять маститу [4, 5], вследствие чего маститы переходят в хронические, что снижает общий иммунитет у коров.

Целью исследования является изучение иммунологических параметров крови у лактирующих коров при серозно-катаральном воспалении вымени для выявления патогенетических механизмов заболевания.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили осенью в одном из животноводческих хозяйств Амурской области. Объект исследования — лактирующие коровы голштинской породы на 2–4-й месяц лактации. Группы коров формировали по 10 голов в каждой: контрольная (здоровые) и опытная (больные серозно-катаральным маститом).

Диагностику маститов проводили по баллам, согласно клиническим критериям диагностики маститов Силивириной Т.Л., Федотову С.В. (2004). Критериями оценки состояния молочной железы являлись ее внешний вид, исследования секрета, пальпация, состояние надвыменных лимфатических узлов [6].

Дополнительно коров проверяли на мастит быстрым маститным тестом (БМТ) — Масттест. В состав Масттеста входит сульфано́л (поверхностно-активное вещество), который при взаимодействии с ДНК ядер соматических клеток молока образует сгусток различной плотности, а при изменении pH молока меняется цвет смеси. Реакцию учитывали по степени образования желеобразного сгустка и изменению цвета смеси [7].

Количество соматических клеток в молоке определяли визуальным методом по изменению вязкости смеси молока с препаратом Мастоприм согласно ГОСТ 23453–2014¹.

Другие сопутствующие заболевания у коров, больных маститом, на момент исследования не были выявлены.

Кровь для исследований отбирали из хвостовой вены. Уровень неспецифической резистентности определяли: по общему белку на рефрактометре; фракции белка нефелометрическим методом [8]; лизоцимной активности сыворотки крови (ЛАСК) нефелометрическим методом по В.Г. Дорофейчуку (1968); фагоцитарной активности нейтрофилов (ФАН) по методике А.И. Иванова и Б.А. Чухловина (1967); циркулирующим иммунным комплексам (ЦИК) методом Ю.А. Гриневича и А.Н. Алферова (1981); количеству лейкоцитов, в т. ч. лимфоцитов [9].

Клинические и бактериологические исследования, определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам проводили согласно наставлениям, методическим указаниям и рекомендациям: «Методические рекомендации по микробиологическому исследованию молока и секрета вымени коров

¹ ГОСТ 23453–2014. Молоко сырое. Методы определения соматических клеток. М. : Стандартинформ, 2015.

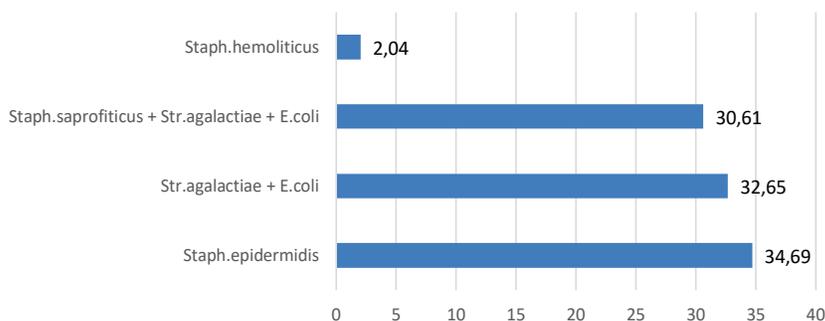
для диагностики мастита»²; «Методические указания по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров»³; Методические указания по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. МУК 4.2. 1890–04⁴; «Наставления по диагностике, терапии и профилактике мастита у коров»⁵.

Статистическую обработку результатов проводили методом вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента и пакета программ Microsoft Excel. Различия значений считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

У коров опытной группы клинически серозно-катаральный мастит проявлялся поражением одной или двух четвертей вымени, их покраснением, отеком, болезненностью, повышением местной температуры. Первые порции молока были жидкие и содержали хлопья или крошковидные сгустки выпавшего казеина, затем, по мере выдаивания, выделялось нормальное молоко. По клиническим критериям диагностики по Т.Л. Силивировой, С.В. Федотову [6] маститы оценивали в 3–4 балла.

При бактериологическом исследовании из молока лактирующих коров, больных серозно-катаральным маститом, выделили условно-патогенные и патогенные микроорганизмы: *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus agalactiae* + *Escherichia coli*, *Staphylococcus saprophyticus* + *Streptococcus agalactiae* + *Escherichia coli*, *Staphylococcus haemolyticus* (рис.) [10].



Микробиологический профиль молока из пораженных долей вымени у лактирующих коров, %

Источник: выполнено М.Е. Остяковой, К.С. Косицыной, В.К. Ирхиной.

Microbiological profile of milk from affected udder lobes in lactating cows,%

Source: compiled by M.E. Ostyakova, K.S. Kositsyna, V.K. Irkhina.

² Методические рекомендации по микробиологическому исследованию молока и секрета вымени коров для диагностики мастита / В.М. Карташова, Л.А. Таранова. М. : Россельхозакадемия, 1994. 35 с.

³ Методические указания по бактериологическому исследованию молока и секрета вымени коров. Утв. Главным управлением ветеринарии МСХ СССР, 1983. 14 с.

⁴ Методические указания по определению чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам. МУК 4.2. 1890–04. М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 91 с.

⁵ Наставление по диагностике, терапии и профилактике мастита у коров. Департамент ветеринарии. 30.03.2000 г. № 13–5–2/1948.

Количество соматических клеток в молоке здоровых коров находилось в пределах до 500 тыс. кл/мл, а у больных клиническим маститом было выше допустимого уровня.

Уровень общего белка в сыворотке крови у коров с маститами был выше, чем у здоровых коров на 8,4 % ($p < 0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Биохимический анализ крови лактирующих коров при серозно-катаральном мастите $M \pm m$, $n = 10$

Показатель	Группы коров	
	Контрольная	Опытная
Общий белок, г/л	79,5 ± 1,14	86,2 ± 2,13*
Альбумины,%	41,9 ± 0,58	21,0 ± 1,82***
α-глобулины,%	12,3 ± 0,77	13,2 ± 1,97
β-глобулины,%	17,6 ± 0,87	40,3 ± 3,06***
γ-глобулины,%	28,2 ± 1,21	25,6 ± 2,96

Примечание. * – $p < 0,05$; *** – $p < 0,001$, по отношению к контрольной группе.

Источник: выполнено М.Е. Остяковой, К.С. Косицыной, В.К. Ирхиной.

Table 1

Biochemical analysis of blood of lactating cows in serous catarrhal mastitis $M \pm m$, $n = 10$

Parameter	Cow groups	
	Control	Experimental
Total protein, g/l	79.5 ± 1.14	86.2 ± 2.13*
Albumins,%	41.9 ± 0.58	21.0 ± 1.82***
α-globulins,%	12.3 ± 0.77	13.2 ± 1.97
β-globulins,%	17.6 ± 0.87	40.3 ± 3.06***
γ-globulins,%	28.2 ± 1.21	25.6 ± 2.96

Note. * – $p < 0.05$; *** – $p < 0.001$, in relation to the control group.

Source: compiled by M.E. Ostyakova, K.S. Kositsyna, V.K. Irkhina.

В группе лактирующих коров с маститами отмечали диспротеинемии, которые проявлялись низким уровнем альбуминов (на 50,1 % ($p < 0,001$)) и высоким уровнем бета-глобулинов (в 2,3 раза ($p < 0,001$)).

Гипербетаглобулинемия, вероятно, обусловлена повышением концентрации гемопексина и компонентами комплемента С3, С4, которые входят во фракцию бета-глобулинов. При воспалении восстанавливается и улучшается фагоцитарная активность при опосредованном гемопексином поглощении гема, применении агонистов PPAR γ или IL-4 путем функциональной и метаболической перестройки связи макрофагов [11].

Низкий уровень альбуминов был связан с повышением вязкости и концентрации крови, так как при воспалении изменяются реологические особенности

крови: происходит усиление выпотевания альбуминов, в связи, с чем относительно увеличивается количество глобулинов и фибриногена [12].

Концентрация лейкоцитов в группе опыта была выше, чем у здоровых в 1,4 раза ($p < 0,001$) (табл. 2).

Таблица 2

Иммунологические показатели крови лактирующих коров при серозно-катаральном мастите $M \pm m, n = 10$

Показатель	Группы животных	
	Контрольная	Опытная
Эритроциты, 10^{12} л	5,7 ± 0,13	7,7 ± 0,21***
Лейкоциты, 10^9 л	6,5 ± 0,25	9,4 ± 0,44***
Гемоглобин, г/л	113,4 ± 3,13	127,0 ± 2,39**
Гематокрит, %	66,5 ± 1,75	88,9 ± 1,42***
Цветовой показатель	0,9 ± 0,03	1,1 ± 0,02
Эозинофилы, %	2,3 ± 0,54	1,9 ± 0,66
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,3 ± 0,15	3,1 ± 0,50**
Сегментоядерные нейтрофилы, %	31,5 ± 1,05	39,3 ± 4,01
Лимфоциты, %	63,7 ± 1,18	52,8 ± 4,50*
Моноциты, %	1,2 ± 0,39	2,9 ± 0,91
ФАН, %	88,3 ± 0,78	97,7 ± 1,46***
ЛАСК, %	15,3 ± 0,84	19,0 ± 1,51*
ЦИК, г/л	36,6 ± 1,36	90,5 ± 5,93***

Примечание. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$, по отношению к контрольной группе; базофилы, миелоциты и метамиелоциты не обнаружены.

Источник: выполнено М.Е. Остяковой, К.С. Косицыной, В.К. Ирхиной.

Table 2

Immunologic indicators of blood of lactating cows in serous catarrhal mastitis $M \pm m, n = 10$

Parameter	Cow groups	
	Control	Experimental
Erythrocytes, 10^{12} l	5.7 ± 0.13	7.7 ± 0.21***
Leukocytes, 10^9 l	6.5 ± 0.25	9.4 ± 0.44***
Hemoglobin, g/l	113.4 ± 3.13	127.0 ± 2.39**
Hematocrit, %	66.5 ± 1.75	88.9 ± 1.42***
Color index	0.9 ± 0.03	1.1 ± 0.02
Eosinophils, %	2.3 ± 0.54	1.9 ± 0.66
Band neutrophils, %	1.3 ± 0.15	3.1 ± 0.50**
Segmented neutrophils, %	31.5 ± 1.05	39.3 ± 4.01
Lymphocytes, %	63.7 ± 1.18	52.8 ± 4.50*
Monocytes, %	1.2 ± 0.39	2.9 ± 0.91
FAN, %	88.3 ± 0.78	97.7 ± 1.46***
LASK, %	15.3 ± 0.84	19.0 ± 1.51*
CIC, g/l	36.6 ± 1.36	90.5 ± 5.93***

Note. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$, in relation to the control group; basophils, myelocytes and metamyelocytes were not detected.

Source: compiled by M.E. Ostyakova, K.S. Kositsyna, V.K. Irkhina.

У больных коров отмечали признаки гемоконцентрации: высокий уровень гематокрита (в 1,4 раза, $p < 0,001$), общего белка (на 8,4 %, $p < 0,05$), эритроцитов (в 1,4 раз, $p < 0,001$), гемоглобина (в 1,1 раз, $p < 0,001$) и цветового показателя (1,2 раза, $p < 0,01$).

Концентрация лимфоцитов в группах больных коров была ниже, чем у здоровых на 17,1 % ($p < 0,05$). Уровень палочкоядерных нейтрофилов выше в группе у маститных коров в 2,4 раза ($p < 0,01$). Нейтрофилы вырабатывают лизоцим, являющийся одним из факторов естественной резистентности, вызывающим лизис возбудителей бактериальных инфекций, в т.ч. с множественной лекарственной устойчивостью [13]. Уровень лизоцимной активности сыворотки крови у коров при маститах был выше, чем у здоровых в 1,2 раза ($p < 0,05$).

У маститных коров на 10,65 % выше, чем у здоровых, была фагоцитарная активность нейтрофилов ($p < 0,001$). У коров, больных маститом, оцененных на 3 балла, она составляла 100,0 %, что было выше на 4,9 %, чем в группе коров, оцененных на 4 балла ($95,3 \pm 2,61$ %). Достоверность между группами коров отсутствовала.

Нейтрофилы — это мультипотентные клетки, выполняющие множество важных биологических функций в дополнение к фагоцитозу: выработка различных видов цитокинов / хемокинов / факторов роста, высвобождение нейтрофильных внеклеточных ловушек (NET) / эктосом / экзосом и трофоцитоз (обмен мембранами) с соседними клетками для модуляции врожденных и адаптивных иммунных реакций. Нейтрофилы также могут играть роль в ослаблении воспалительной реакции и заживлении ран с помощью подмножества нейтрофилов, полученных из миелоидных супрессорных клеток (PMN-MDSC) [14].

Иммунные комплексы (ИК) образуются во время иммунного ответа и могут отражать некоторые аспекты текущего иммунного ответа. Уровень ЦИК у больных животных был выше, чем у здоровых в 2,5 ($p < 0,001$), что объясняется наличием у коров инфекционно-воспалительного процесса [11, 12] в молочной железе. У коров с маститом, оцененных на 3 балла, уровень ЦИК ($105,2 \pm 3,51$ г/л) был выше на 34,5 % ($p < 0,05$), чем в группе коров, оцененных на 4 балла ($75,8 \pm 6,17$ г/л). Повышенный уровень ЦИК коррелировал с тяжестью воспаления, что обусловлено ингибированием опосредованной лимфоцитами цитотоксичности, вызванной антителами [15].

ИК, образованные чужеродными или собственными антигенами и антителами в биологических жидкостях, воздействуют на различные ткани и вызывают ряд заболеваний, а также являются триггерами возникновения иммунологических нарушений [16]. Нейтрофилы могут взаимодействовать с тромбоцитами, эпителиальными и эндотелиальными клетками, обеспечивая гемостаз, воспаление слизистых оболочек и атерогенез [19]. Поэтому лечение маститов у коров должно быть комплексным, включая антибактериальную и противовоспалительную терапию.

Заключение

Воспалительный процесс в молочной железе лактирующих коров обуславливался повреждением тканей и осложнялся условно-патогенной микрофлорой. У больных животных отмечали нарушения белкового обмена (гипоальбуминемию,

диспротеинемии) и признаки гемоконцентрации (повышенные гематокрит и гемоглобин, эритроцитоз). Условно-патогенная микрофлора и продукты воспаления в молочной железе стимулировали клеточный и гуморальный иммунитет. Высокий уровень фагоцитарной активности и циркулирующих иммунных комплексов у больных маститом коров явились результатом иммунного ответа при антигенной стимуляции.

Список литературы

1. Петрова З.А. Экспериментальные исследования по эффективности лечения коров больных сублиническим маститом препаратами, не содержащими антибиотиков // Студенты — науке и практике АПК: материалы 109-й Междунар. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов : в 2-х частях. Витебск, 24 мая 2024 г. Витебск : Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2024. Ч. 1. С. 49–50. EDN: NFRBEZ
2. Поляков И.Е., Ольшанская Е.А., Плевакова В.И. Мастит коров бактериальной этиологии // Ветеринарная медицина: связь поколений как фактор устойчивого развития России : материалы Междунар. конф., Омск, 08 ноября 2023 г. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2023. С. 72–75. EDN: JHICLW
3. Филатова А.В., Тишале Б.М., Федотов С.В. и др. Инфекционный фактор в этиологии мастита у высокопродуктивных лактирующих коров // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2022. Т. 58. № 4. С. 86–91. doi: 10.5236/8/2078-0109-2022-58-4-86-91 EDN: RBUKFW
4. Sordillo L.M., Shafer-Weaver K., DeRosa D. Immunobiology of the mammary gland // Journal of Dairy Science. 1997. Vol. 80. № 8. P. 1851–1865. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (97) 76121-6
5. Goulart D.B., Mellata M. Escherichia coli mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges // Frontiers in Microbiology. 2022. Vol. 13. 928346. doi: 10.3389/fmicb.2022.928346 EDN: PKASKG
6. Силивинова Т.Л., Федотов С.В. Современная схема клинической диагностики маститов у коров // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2004. № 2 (14). С. 73–76. EDN: PFOCOJ
7. Семиволос А.М., Семиволос С.А., Калюжный И.И. Оценка эффективности лечения коров при субклиническом мастите // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 78–80. doi: 10.28983/asj.y2022i7pp78–80 EDN: LQYHTU
8. Патент № 2669403 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/49. способ определения белковых фракций сыворотки крови: № 2017134218: заявл. 02.10.2017: опубл. 11.10.2018 / М.Е. Остякова, Г.Б. Штенникова; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт» (ФГБНУ ДальЗНИВИ).
9. Кручинкина Т.В. Влияние продолжительности скормливания йодсодержащего препарата глубоко-стельным коровам на иммунобиохимический статус новорожденных телят // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 4 (212). С. 136–140. doi: 10.37102/08697698.2020.212.4.022 EDN: TJYMGV
10. Остякова М.Е., Шульга И.С., Ирхина В.К. и др. Метаболические особенности и микрофлора молока при маститах у коров Амурской области // Ветеринария сегодня. 2023. Т. 12. № 3. С. 228–232. doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-3-228-232 EDN: WLGQCK
11. Sharma R., Antyupiuk A., Vance S.Z., Manwani D., Pearce Q., Cox J.E., An X., Yazdanbakhsh K., Vinchi F. Macrophage metabolic rewiring improves heme-suppressed efferocytosis and tissue damage in sickle cell disease // Blood. 2023. Vol. 141. № 25. P. 3091–3108. doi: 10.1182/blood.2022018026 EDN: WGIHSY
12. Gao J., Marins T.N., Calix J.O.S., Qi Z., Savegnago C.G., Roper A.M., Woldemeskel M.W., Bernard J.K., Tao S. Systemic and mammary inflammation and mammary gland development of Holstein dairy cows around dry-off and calving // Journal of dairy science. 2025. Vol. 108. № 2. P. 2090–2110. doi: 10.3168/jds.2024-25279 EDN: ESJTMS
13. Kamoshida G., Akaji T., Takemoto N., Suzuki Y., Sato Y., Kai D., Hibino T., Yamaguchi D., Kikuchi-Ueda T., Nishida S., Unno Y., Tansho-Nagakawa S., Ubagai T., Miyoshi-Akiyama T., Oda M., Ono Y. Lipopolysaccharide-deficient acinetobacter baumannii due to colistin resistance is killed by neutrophil-produced lysozyme // Frontiers in microbiology. 2020. № 11. 573. doi: 10.3389/fmicb.2020.00573 EDN: RWAYIK

14. Tsai C.Y., Hsieh S.C., Liu C.W., Lu C.S., Wu C.H., Liao H.T., Chen M.H., Li K.J., Shen C.Y., Kuo Y.M., Yu C.L. Cross-Talk among polymorphonuclear neutrophils, immune, and non-immune cells via released cytokines, granule proteins, microvesicles, and neutrophil extracellular trap formation: a novel concept of biology and pathobiology for neutrophils // *International journal of molecular sciences*. 2021. Vol. 22. № 6. 3119. doi: 10.3390/ijms22063119
15. Jewell D.P., MacLennan I.C. Circulating immune complexes in inflammatory bowel disease // *Clinical and experimental immunology*. 1973. Vol. 14. № 2. P. 219–226.
16. Aibara N., Ohyama K. Revisiting immune complexes: key to understanding immune-related diseases // *Advances in clinical chemistry*. 2020. № 96. P. 1–17. doi: 10.1016/bs.acc.2019.11.001 EDN: ELVMSL

References

1. Petrova ZA. Ekhspperimental'nye issledovaniya po ehffektivnosti lecheniya korov bol'nykh sublinicheskim mastitom preparatami, ne soderzhashchimi antibiotiki [Experimental studies on the effectiveness of treatment of cows with sublunar mastitis with preparations that do not contain antibiotics]. In: *Students — science and practice of agroindustrial complex: Proceedings of the 109th International Scientific and Practical Conference of students and undergraduates*. Vitebsk, 24 May 2024. Vitebsk: Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. 2024;49–50. (In Russ.). EDN: NFRBEZ
2. Polyakov IE, Olshanskaya EA, Pleshakova VI. Mastitis of cows of bacterial etiology. In: *Veterinary medicine: the connection of generations as a factor of sustainable development of Russia: Proceedings of the International Conference, Omsk, 8 November 2023*. Omsk: Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. 2023;72–75. (In Russ.). EDN: JHICLW
3. Filatova AV, Tshivale BM, Fedotov SV, et al. Infectious factor in the etiology of mastitis in highly productive lactating cows. *Transactions of the educational establishment "Vitebsk the Order of "the Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine*. 2022;58(4):86–91. (In Russ.). doi: 10.52368/2078-0109-2022-58-4-86-91 EDN: RBUKFW
4. Sordillo LM, Shafer-Weaver K, DeRosa D. Immunobiology of the mammary gland. *Journal of Dairy Science*. 1997;80(8):1851–1865. doi: 10.3168/jds.S0022-0302 (97) 76121-6
5. Goulart DB, Mellata M. *Escherichia coli* mastitis in dairy cattle: etiology, diagnosis, and treatment challenges. *Frontiers in Microbiology*. 2022;13:928346. doi: 10.3389/fmicb.2022.928346 EDN: PKASKG
6. Silivirova TL, Fedotov SV. Sovremennaya skhema klinicheskoi diagnostiki mastitov u korov [Modern scheme of clinical diagnosis of mastitis in cows]. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2004;(2):73–76. (In Russ.). EDN: PFOCOJ
7. Semivolos AM, Semivolos SA, Kalyuzhny II. Evaluation of the effectiveness of treatment of cows with subclinical mastitis. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal [Agrarian Scientific Journal]*. 2022;(7):78–80. (In Russ.). doi: 10.28983/asj.y2022i7pp78-80 EDN: LQYHTU
8. Ostyakova ME, Shtennikova GB. Patent No. 2669403 C1 Russian Federation, MPC G01N 33/49. Method for determination of protein fractions of blood serum: No. 2017134218: applied 02.10.2017: published 11.10.2018. Applicant Federal State Budgetary Scientific Institution 'Far Eastern Zonal Veterinary Research Institute' (FGBNU DalZNIIV).
9. Kruchinkina TV. Effect of the duration of feeding iodine-containing preparation to pregnant cows on the immunobiochemical status of newborn calves. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2020;(4):136–140. (In Russ.). doi: 10.37102/08697698.2020.212.4.022 EDN: TJYMGV
10. Ostyakova ME, Shulga IS, Irkhina VK, Kositsyna KS, Golaydo NS. Metabolism features and milk microbiota of cows with mastitis in the Amur Oblast. *Veterinary Science Today*. 2023;12(3):228–232. (In Russ.). doi: 10.29326/2304-196X-2023-12-3-228-232 EDN: WLGQCK
11. Sharma R, Antypiuk A, Vance SZ, et al. Macrophage metabolic rewiring improves heme-suppressed efferocytosis and tissue damage in sickle cell disease. *Blood*. 2023;141(25):3091–3108. doi: 10.1182/blood.2022018026 EDN: WGIHSY
12. Gao J, Marins TN, Calix JOS, et al. Systemic and mammary inflammation and mammary gland development of Holstein dairy cows around dry-off and calving. *Journal of dairy science*. 2025;108(2):2090–2110. doi: 10.3168/jds.2024-25279 EDN: ESJTMS

13. Kamoshida G, Akaji T, Takemoto N, et al. Lipopolysaccharide-deficient acinetobacter baumannii due to colistin resistance is killed by neutrophil-produced lysozyme. *Frontiers in microbiology*. 2020;11:573. doi: 10.3389/fmicb.2020.00573 EDN: RWAYIK
14. Tsai CY, Hsieh SC, Liu CW, et al. Cross-Talk among Polymorphonuclear Neutrophils, Immune, and Non-Immune Cells via Released Cytokines, Granule Proteins, Microvesicles, and Neutrophil Extracellular Trap Formation: A Novel Concept of Biology and Pathobiology for Neutrophils. *International journal of molecular sciences*. 2021;22(6):3119. Published 2021 Mar 18. doi: 10.3390/ijms22063119
15. Jewell DP, MacLennan IC. Circulating immune complexes in inflammatory bowel disease. *Clinical and experimental immunology*. 1973;14(2):219–226.
16. Aibara N, Ohyama K. Revisiting immune complexes: Key to understanding immune-related diseases. *Advances in clinical chemistry*. 2020;96:1–17. doi: 10.1016/bs.acc.2019.11.001 EDN: ELVMSL

Об авторах:

Остякова Марина Евгеньевна — доктор биологических наук, доцент, директор, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Российская Федерация, 675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2996-0991 SPIN-код: 3038-0685

Косицына Ксения Сергеевна — младший научный сотрудник отдела микробиологии, вирусологии и иммунологии, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Российская Федерация, 675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112; ассистент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и микробиологии, Дальневосточный государственный аграрный университет, Российская Федерация, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86; e-mail: kseniya-kos1997@yandex.ru

ORCID: 0009-0005-6247-0280 SPIN-код: 9056-4692

Ирхина Вера Константиновна — научный сотрудник отдела животноводства и птицеводства, Дальневосточный зональный научно-исследовательский ветеринарный институт, Российская Федерация, 675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Северная, д. 112; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4553-7189 SPIN-код: 7893-0109

About the authors:

Ostyakova Marina Evgenievna — Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director, Far Eastern Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russian Federation; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2996-0991 SPIN-code: 3038-0685

Kositsyna Ksenia Sergeevna — Junior Researcher, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Far Eastern Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russian Federation; Assistant of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Epizootology and Microbiology, Far Eastern State Agrarian University, 86 Politekhnikeskaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russian Federation; e-mail: kseniya-kos1997@yandex.ru

ORCID: 0009-0005-6247-0280 SPIN-code: 9056-4692

Irkhina Vera Konstantinovna — Researcher of the Department of Animal Husbandry and Poultry Farming, Far Eastern Zone Research Veterinary Institute, 112 Severnaya St., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005, Russian Federation; e-mail: dalznividv@mail.ru

ORCID: 0000-0003-4553-7189 SPIN-code: 7893-0109