

Международный  
научно-практический  
журнал

1/2024



ISSN № 2224-1647

# ЭКОЛОГИЯ и ЖИВОТНЫЙ МИР



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

# ЭКОЛОГИЯ И ЖИВОТНЫЙ МИР

МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
Выпускается с 2006 года

ISSN 2224-1647

Подписной индекс: 74878  
748782

*Журнал включен в список Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Беларуси по отраслям: ветеринарные науки, биологические науки, сельскохозяйственные науки, приказ коллегии ВАК, протокол № 17/7 от 19.06.2008 г.*

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**  
**Борисовец Д.С.** – кандидат ветеринарных наук, доцент

**ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:**  
**Щемелева Н.Ю.** – кандидат ветеринарных наук, доцент

**СЕКРЕТАРЬ:**  
**Стрельчена И.И.** – кандидат ветеринарных наук, доцент

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**  
**Русинович А.А.** – доктор ветеринарных наук, доцент  
**Бучкури Д.В.** – кандидат ветеринарных наук, доцент  
**Зубовская И.В.** – кандидат ветеринарных наук  
**Ананчиков М.А.** – кандидат ветеринарных наук, доцент  
**Згировская А.А.** – кандидат биологических наук  
**Тяпша Ю.И.** – кандидат ветеринарных наук, доцент  
**Зинина Н.В.** – кандидат биологических наук  
**Лукьянчик С.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук

**НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:**  
**Ларькова А.Е.**  
**Лукьянова И.А.**  
**Пунько С.Г.**

При использовании авторами материалов журнала «Экология и животный мир» ссылка на журнал **обязательна**

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

### ПРЕДСЕДАТЕЛЬ:

**Кучинский М.П.** – доктор ветеринарных наук, профессор (г. Минск)

### ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

**Белова Л.М.** – доктор биологических наук, профессор (г. Санкт-Петербург)

**Бычкова Е.И.** – доктор биологических наук, профессор (г. Минск)

**Гавриченко Н.И.** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент (г. Витебск)

**Коломиец Э.И.** – доктор биологических наук, профессор, академик НАН Беларуси (г. Минск)

**Каплич В.М.** – доктор биологических наук, профессор (г. Минск)

**Кочиш И.И.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН (г. Москва)

**Пестис В.К.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси (г. Гродно)

**Племяшов К.В.** – доктор ветеринарных наук, профессор, член-корреспондент РАН (г. Санкт-Петербург)

**Позябин С.В.** – доктор ветеринарных наук, профессор, академик РАН (г. Москва)

**Чистенко Г.Н.** – доктор медицинских наук, профессор (г. Минск)

**Шейко И.П.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НАН Беларуси (г. Жодино)

**Ярыгина Е.И.** – доктор биологических наук, профессор (г. Москва)

Все статьи рецензируются.

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

© «Экология и животный мир», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

Русинович А.А. О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ГОТОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Гудзь В.П., Белявский В.Н. ОБ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ПРИНЦИПОВ НАССР (ОБЗОР)

Цвирко Л.С., Науменко Т.В., Кляцко И.В. ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕШЕНСТВА В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ (ГОМЕЛЬСКАЯ, БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТИ)

Бычкова Е.И., Якович М.М., Сусло Д.С., Довнар Д.В. КРОВОСОСУЩИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ (ACARI: IXODIDAE; DIPTERA: CULICIDAE, SIMULIIDAE) В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

Полоз С.В., Дегтярик С.М., Слободницкая Г.В., Стрельченя И.И. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РЫБ К ЗАРАЖЕНИЮ ПАРАЗИТАМИ ПРИ СТРЕССОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Николаевич Л.Н., Згировская А.А. ЦИТОПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА КАРОТИНОИДОВ В УСЛОВИЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛОВ В ОРГАНИЗМ

Базылев М.В., Минаков В.Н., Левкин Е.А., Ханчина А.Р., Линьков В.В. ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК ПО МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СВОЙСТВАМ ВЫМЕНИ И ИХ ПРИГОДНОСТЬ К ДОИЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Белькевич И.А., Макаенка В.А., Черницкий А.Е., Кудрявцева Е.Н. МОРСКАЯ РЫБА КАК ИСТОЧНИК ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАЦИОНЕ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (ОБЗОР)

Лайцин Ли, Цуйцуй Чен, Хуанкунь Лиан, Чжун Шухай, Леонтьев В.Н., Войтов И.В. СОЗДАНИЕ НЕПРЯМОГО МЕТОДА ИФА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АНТИТЕЛ К ВИРУСУ ЧУМЫ СОБАК

Rusinovich A.A. ON IMPROVING THE SAFETY SYSTEM FOR FOOD RAW MATERIALS AND FINISHED FOOD PRODUCTS OF ANIMAL ORIGIN IN THE REPUBLIC OF BELARUS

3 Gudz V.P., Belyavsky V.N. ABOUT THE UNIVERSALITY OF HACCP PRINCIPLES (REVIEW)

13 Tsvirko L.S., Naumenko T.V., Klyatsko I.V. EPIDEMIOLOGICAL FEATURES OF RABIES IN BELO-RUSSIAN POLESIE (GOMEL, BREST REGIONS)

21 Bychkova E.I., Yakovich M.M., Suslo D.S., Dovnar D. V. BLOOD-SUCKING ARTHROPODS (ACARI: IXODIDAE; DIPTERA: CULICIDAE, SIMULIIDAE) IN THE SETTLEMENTS OF VARIOUS TYPES ON THE TERRITORY OF THE GOMEL REGION OF BELARUS

28 Poloz S.V., Degtyarik S.M., Slobodnitskaya G.V., Strelchenya I.I. ASSESSMENT OF FISH RESISTANCE TO PARASITIC INFECTION UNDER STRESS EXPOSURE AND DETERMINATION OF RESISTANCE INDICATORS (EXPERIMENTAL STUDY)

34 Nikolaevich L.N., Zgirovskaya A.A. CYTOPROTECTIVE PROPERTIES OF CAROTENOIDS UNDER CONDITIONS OF ENTRY OF HEAVY METAL SALTS INTO THE BODY

40 Bazylev M.V., Minakov V.N., Levkin E.A., Khanchina A.R., Linkov V.V. CHARACTERISTICS OF FIRST-CHIFFER COWS BY MORPHOFUNCTIONAL PROPERTIES OF THE UDDER AND THEIR SUITABILITY FOR MILKING EQUIPMENT

50 Belkevich I.A., Makayenka V.A., Chernitskiy A.E., Kudryavtseva E.N. SEA FISH AS A SOURCE OF ESSENTIAL MACRO- AND MICROELEMENTS IN THE DIETS OF MILITARY SERVANTS IN THE REPUBLIC OF BELARUS (REVIEW)

59 Laiqing Li, Cuicui Chen, Huankun Liang, Zhong Shuhai, Leontiev V.N., Voitov I.V. ESTABLISHMENT OF AN INDIRECT ELISA METHOD FOR DETECTING CANINE DISTEMPER VIRUS ANTIBODIES

Компьютерная верстка: Лукьянова И.А.

Подписано в печать 03.06.2024 г.

Формат 60x84<sup>1/8</sup> Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Уч.-изд. л. 28, усл. печ. л. 7,44. Тираж 100 экз. Заказ №

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

Республиканское унитарное предприятие «Информационно-вычислительный центр

Министерства финансов Республики Беларусь».

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

Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.

Русинович А.А., доктор ветеринарных наук, доцент

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

## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО СЫРЬЯ И ГОТОВЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

### **Резюме**

К настоящему времени сформировалась устойчивая тенденция увеличения объемов производства и расширения рынков сбыта продукции животного происхождения. Упущения в обеспечении безопасности этой продукции могут приводить к возникновению различного рода негативных инцидентов. Такая ситуация обуславливает необходимость совершенствования всех составляющих в цепи получения и движения продукции животного происхождения.

**Ключевые слова:** безопасность, продукция животного происхождения, законодательство, ветеринарная служба, контроль, надзор.

### **Summary**

To date, a steady trend has emerged to increase production volumes and expand markets for products of animal origin. Omissions in ensuring the safety of these products can lead to various types of negative incidents. This situation necessitates the improvement of all components along the entire chain of receipt and movement of products of animal origin.

**Keywords:** safety, products of animal origin, legislation, veterinary service, control, supervision.

Поступила в редакцию 15.01.2024 г.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Продукты животного происхождения крайне важны для сбалансированного, физиологически полноценного питания человека. Они являются основным источником белков, жиров, витаминов, минеральных элементов и других жизненно важных веществ. В современных условиях сформировалась устойчивая тенденция увеличения объемов их производства и расширения рынков сбыта.

Необходимыми условиями успешной торговли и конкуренции являются цена, качество и безопасность товара. Из этих характеристик наибольшую значимость имеет безопасность. Упущения в обеспечении этого показателя на всех этапах, от выращивания животных, включая и их рыночный оборот, могут приводить к различного рода негативным инцидентам. Подтверждение тому – возникновение панзоотий, пандемий, обусловленных небезопасным продовольствием.

Международная практика свидетельствует о необходимости создания государством надежной системы по производ-

ству и рыночному обороту безопасного продовольствия. Прежде всего, это разработка и реализация законодательства и формирование соответствующих структур по этому направлению деятельности, которые должны обеспечивать здоровье продуктивных животных, безопасность сырья и добавок, используемых для производства продовольственных товаров, гигиену и технологию производства, рыночный оборот этих товаров, а также систему контроля всех составляющих в этой цепи по принципу «от поля до стола».

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Для подготовки статьи использованы материалы международных конференций, литературные данные, документы ветеринарного, санитарно-эпидемиологического законодательства, а также документы по техническому нормированию и стандартизации Республики Беларусь и стран – торговых партнеров, Европейского союза, рекомендации Санитарного кодекса наземных животных МЭБ, Комиссии «Кодекс Алиментариус», информация Министер-

ства иностранных дел Беларуси по запросу Минсельхозпрода относительно ветеринарной деятельности в 41 стране мира (2009 г.), а также собственный научно-практический опыт [1, 2, 3, 4, 5].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Аграрно-промышленный комплекс Беларуси обеспечивает продовольствием не только собственное население, но и значительную часть реализует на внешние рынки. Ежегодно увеличиваются объемы экспорта таких товаров и расширяется география их поставок.

В стране законодательную базу производства безопасных пищевых продуктов животного происхождения составляют ряд законов и десятки подзаконных нормативных правовых актов (НПА), а также технических нормативных правовых актов (ТНПА) по этому направлению.

Контрольно-надзорную деятельность за исполнением действующих НПА и ТНПА исполняют государственная ветеринарная и санитарно-эпидемиологическая службы, а также соответствующие структуры органов по техническому нормированию и стандартизации.

Анализ сложившейся ситуации свидетельствует о необходимости совершенствования ряда направлений в сфере производства и рыночного оборота безопасного сырья и пищевых продуктов животного происхождения.

### А. Национальное законодательство и национальные структуры

Действующие НПА и ТНПА по этому направлению деятельности свидетельствуют о ряде несоответствий статьям Закона Республики Беларусь от 17 июля 2018 г. № 130-З «О нормативных правовых актах», в частности:

#### 1. Соблюдения принципов 9 и 10 статьи 6. Основные принципы нормотворческой деятельности, а именно:

- отсутствия коллизий нормативных правовых актов;
- подготовки и принятия (изданием) пакета нормативных правовых актов, направленных на системное и комплексное правовое регулирование определенной сферы общественных отношений, обеспечивающих реализацию нового нормативного правового акта, в том числе предусматривающих изменение, признание утратившими

силу взаимосвязанных норм, содержащихся в различных нормативных правовых актах;

- принятия нормотворческими органами (должностными лицами), иными субъектами нормотворческой деятельности мер по объединению положений проектов нормативных правовых актов, находящихся на одинаковой стадии подготовки, которыми предусматривается изменение одних и тех же нормативных правовых актов (их структурных элементов);

- обеспечения стабильности правового регулирования общественных отношений принятием нормотворческими органами (должностными лицами), иными субъектами нормотворческой деятельности мер по обеспечению надлежащего качества нормативных правовых актов, полноты и эффективности правового регулирования общественных отношений, а также по ограничению частых корректировок нормативных правовых актов.

#### Комментарии по несоответствию:

- организации по производству продовольственного сырья и пищевых продуктов животного происхождения осуществляют свою деятельность на основе анализа рисков и критических контрольных точек (система НАССР), предусматривающих контроль их безопасности на технологических стадиях производства сырья. Вместе с тем в стране производственный и государственный лабораторный контроль показателей безопасности осуществляется как применительно к сырью, так и к готовым пищевым продуктам. Такой подход противоречит принципам системы НАССР и приводит к значительным необоснованным затратам;

- в обеспечении безопасности продовольствия животного происхождения различными органами государственного управления принято множество схожих по содержанию НПА и ТНПА, а также внесено дополнений и изменений, тем самым исключается системное и комплексное правовое регулирование исполнения этих документов, не обеспечивается стабильность правового регулирования общественных отношений при их реализации нормотворческими органами (должностными лицами), иными субъектами нормотворческой деятельности, что создает неудобства на практике их применения.

## **2. Статья 28. Основные требования нормотворческой техники:**

- по пункту 3. Краткость и точность изложения нормативных правовых предписаний означают, что их содержание должно быть конкретным, однозначным и достаточным.

При подготовке нормативных правовых актов следует исключать дублирование нормативных правовых предписаний и множественность нормативных правовых актов по одному и тому же вопросу.

### Комментарий по несоответствию:

- действующие в стране НПА и ТНПА ветеринарного, санитарно-эпидемиологического законодательства, особенно принятые Ветеринарно-санитарные правила и СанПины по производству продукции животного происхождения, не только дублируются, но и по ряду положений противоречивы. В качестве примера:

- пп. 36, 37, 38 Ветеринарно-санитарных правил для организаций, осуществляющих приемку молока, производство, хранение и реализацию молочных продуктов от 21.12.2009 № 82;

- п. 181 Санитарных норм и правил «Санитарно-эпидемиологические требования для организаций, осуществляющих производство молочных продуктов» от 12.11. 2012 № 177.

Аналогичная ситуация в ТНПА для организаций по производству других видов животноводческой продукции.

- по пункту 5. Полномочия нормотворческих органов (должностных лиц) по принятию (изданию) нормативных правовых актов следует формулировать обобщенно, избегая чрезмерно детализированного изложения их в актах законодательства. Не допускается закрепление полномочий, предусматривающих наделение нескольких нормотворческих органов (должностных лиц) правами и обязанностями по решению аналогичных вопросов.

### Комментарий по несоответствию:

- как свидетельствует практика, в контроле за безопасностью продовольственного сырья и готовых пищевых продуктов животного происхождения в рамках действующих НПА и ТНПА принимают участие ранее отмеченные структуры органов государственного управления. Ввиду их многочисленности и при наличии несогласий в требованиях действующего

законодательства допущено закрепление полномочий, предусматривающих наделение их правами и обязанностями по решению аналогичных вопросов.

## **3. Статья 25. Основные требования к техническим нормативным правовым актам:**

- по пункту 1. Технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации принимаются (утверждаются) в соответствии с Законом Республики Беларусь от 5 января 2004 г. № 262-З «О техническом нормировании и стандартизации» и иными актами законодательства с учетом требований настоящего Закона.

- по пункту 3. При подготовке проекта технического нормативного правового акта выбор формы и вида технического нормативного правового акта должен быть обоснованным с учетом положений настоящего Закона и иных актов законодательства, устанавливающих требования к предмету правового регулирования соответствующих технических нормативных правовых актов.

### Комментарий по несоответствию:

- ранее перечисленные комментарии свидетельствуют о несоблюдении требований в выполнении настоящей статьи при разработке ТНПА ветеринарного, санитарно-эпидемиологического законодательства и по техническому нормированию и стандартизации.

## **4. Статья 71. Устранение и преодоление пробелов в законодательстве (правовом регулировании):**

- по пункту 1. При выявлении пробелов в законодательстве (правовом регулировании) соответствующие нормотворческие органы (должностные лица) обязаны своевременно устранить эти пробелы в законодательстве (правовом регулировании) путем внесения в нормативные правовые акты изменений, устраняющих такие пробелы, либо принятия (издания) новых нормативных правовых актов.

### Комментарий по несоответствию:

- несмотря на наличие несоответствий ветеринарного, санитарно-эпидемиологического законодательства, технического нормирования и стандартизации по безопасности продовольствия животного происхождения до настоящего времени соответствующие изменения в них не внесены.

## **Б. Система лабораторного контроля показателей безопасности продовольственного сырья и готовых пищевых продуктов животного происхождения**

О необходимости совершенствования системы лабораторного контроля как в Республике Беларусь, так и в ЕАЭС, начиная с 2007 года по настоящее время, свидетельствуют материалы участия в составе рабочих групп при разработке ТНПА по линии ЕАЭС относительно безопасности масложировой и молочной продукции, а также системы лабораторного контроля в ЕАЭС, а также в журналах «Аграрная экономика», «Белорусское сельское хозяйство», «Наше сельское хозяйство», «Животноводство и ветеринарная медицина» – Горки, БСХА, Продукт ВУ; материалах Международных научно-практических конференций УО «БГАТУ», РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеслесского», УО «ВГАВМ», ГП «БелНИКТИММП», Западно-Поморского технологического университета в Щецине; сборниках научных трудов ГП «БелНИКТИММП», УО «БГАТУ», РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеслесского», УО «ВГАВМ», ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина».

## **В. Стандартизация и техническое нормирование**

Частичный анализ НПА и ТНПА, а также сложившейся практики по техническому нормированию и стандартизации в области производства безопасного продовольствия животного происхождения свидетельствует о недостаточно стандартизованном подходе по отдельным направлениям при их реализации. К примеру, производство этой продукции согласно действующему законодательству Беларуси должно осуществляться на основании СТБ 14070 «Система менеджмента безопасности пищевых продуктов. Управление безопасностью пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек. Общие требования» или СТБ ISO 22000 «Системы менеджмента безопасности пищевой продукции. Требования к организациям, участвующим в пищевой цепи».

## **Комментарий по несоответствию:**

**СТБ ISO 22000 совместим с СТБ 9001 «Системы менеджмента качества. Требования». Вместе с тем как ошибочная практика во многих организациях по производству пищевых продуктов животного происхождения сертифицированы обе системы – СТБ ISO 22000 и СТБ 9001.**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

За последние годы в стране сделано многое в области производства и рыночного оборота безопасной продукции животного происхождения. Об этом свидетельствует насыщенность собственного рынка, увеличение объемов экспорта этих товаров.

Вместе с тем установленные противоречия, коллизии, дублирование положений в НПА и ТНПА, громоздкость и несовершенство национальной системы в контрольной и надзорной деятельности, неоправданный лабораторный контроль готовых пищевых продуктов, ошибочная практика в консалтинге, внедрении, сертификации и функционировании перечисленных СТБ создают неудобства в работе по всей системе, приводят к различного рода значительным неоправданным затратам.

Одной из причин сложившейся ситуации является недостаточное использование международного научно-практического опыта при разработке национального законодательства, создании целесообразной структуры национального компетентного органа по этому направлению.

В качестве примера могут служить подходы, существующие в Литве, Латвии, Эстонии, где деятельность базируется на основе 5 Регламентов ЕС по пищевому законодательству (№ 178/2002 от 28.01.2002 г. и принятые в апреле 2004 г. № 852/2004, № 853/2004, № 854/2004, № 882/2004/EC). В каждой стране создан один компетентный орган, обеспечивающий выращивание здоровых животных, производство и рыночный оборот безопасного продовольствия, так называемая Государственная ветеринарная и продовольственная служба.

В сложившейся ситуации считаю необходимым принять меры по совершенствованию существующей системы обеспечения безопасности продовольственного сырья и готовых пищевых продуктов животного происхождения в стране.

## **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Кодекс здоровья наземных животных МЭБ. – 28-е изд. – Париж, 2019. – 542 с.
2. Кодекс Алиментариус. Производство продуктов животноводства. – М. : Весь Мир, 2007. – 230 с.
3. Макаров, В. В. Основы учения об инфекции: учеб. пособие / В. В. Макаров, А. К. Петров, Д. А. Васильев. – М.-Ульяновск : РУДН/УлГАУ, 2018. – 160 с.
4. Регламент (ЕС) № 178/2002 Европейского Парламента и Совета от 28 января 2002 г. об установлении общих принципов и предписаний продовольственного законодательства, об учреждении Европейского органа по безопасности продуктов питания и о закреплении процедур в отношении безопасности продовольственных товаров // Официальный журнал Европейского Союза. Регламент EC 178/2002. L 31/1 от 01.02.2002.
5. Русинович, А. А. Ветеринарная деятельность в обеспечении биологической безопасности / А. А. Русинович, В. В. Жалдыбин // Эпизоотология Иммунобиология Фармакология Санитария. – 2023. – № 1. – С. 3–7.

**УДК 658.562**

**Гудзь В.П.,** кандидат ветеринарных наук  
**Беляевский В.Н.,** кандидат ветеринарных наук, доцент

УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

## **ОБ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ ПРИНЦИПОВ НАССР (ОБЗОР)**

### ***Резюме***

Проведен обзор литературных источников, посвященных проблеме повышения эффективности управления рисками в различных направлениях деятельности человека с использованием процедур, основанных на принципах НАССР. Установлено, что менеджмент, основанный на анализе опасностей и критических контрольных точек, применим для повышения эффективности деятельности человека в различных сферах и отраслях экономики, в том числе в ветеринарии.

**Ключевые слова:** принципы НАССР, критические контрольные точки, управление рисками, менеджмент качества и безопасности, ветеринария, экономика, эффективность.

### ***Summary***

*A review of literature sources devoted to the problem of increasing the efficiency of risk management in various fields of human activity using procedures based on the principles of HACCP was carried out. It has been established that management based on the analysis of hazards and critical control points is applicable to improve the efficiency of human activity in various fields and sectors of the economy, including veterinary medicine.*

**Keywords:** HACCP principles, critical control points, risk management, quality and safety management, veterinary medicine, economics, efficiency.

Поступила в редакцию 22.12.2023 г.

В настоящее время особую актуальность приобретает проблема распространения заразных болезней животных различной этиологии, в том числе болезней, общих для человека и животных. В данных условиях существует необходимость широкого применения риск-ориентированных моделей в практической деятельности субъектов хозяйствования, производящих животноводческую продукцию, и органов, осуществляющих контрольные (надзорные) функции в области ветеринарии.

Риск-ориентированный подход – это качественная и/или количественная оценка рисков, а также принятие решений для предотвращения или уменьшения их нежелательных последствий. Он необходим не только на всех этапах жизненного цикла продукции (работ, услуг), но и в других ситуациях, когда есть неопределенность и неуверенность в принятии сложных управленческих решений. Риск-ориентированность, направленная на предотвращение несоответствий, лежит в основе требова-

ний международного стандарта ISO 9001:2015 и позволяет интегрировать систему менеджмента качества с требованиями других стандартов.

В системе управления рисками принято использовать различные системы менеджмента. Одной из них является система анализа рисков и критических контрольных точек [9, 17, 18].

Система анализа рисков и критических контрольных точек – НАССР (англ. HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points) была разработана в начале 60-х годов в режиме строжайшей секретности американскими учеными компании Пиллсбери (The Pillsbury Company) для контроля качества и безопасности питания в космической индустрии (NASA) и армии США. В основу концепции был положен метод анализа характера и последствий потенциальных дефектов (метод FMEA) – это эффективный инструмент повышения качества разрабатываемых технических объектов, направленный на предотвращение дефектов или снижение негативных последствий от них благодаря предвидению дефектов и (или) отказов и их анализу, проводимому на этапах проектирования конструкции и производственных процессов.

Целью данного метода является изучение причин и механизмов возникновения несоответствий и их предотвращение (или максимальное снижение их негативных последствий), а следовательно, повышение качества продукции и сокращение затрат на устранение несоответствий на последующих стадиях жизненного цикла продукции. Впоследствии система НАССР получила широкое распространение в мире, была одобрена специализированными организациями ООН и включена в законодательство многих стран как эффективный способ обеспечения безопасности и повышения качества пищевых продуктов, а также оценки поставщика в международной торговле [7, 12, 14, 21].

На сегодняшний день система НАССР является предупреждающей и самодостаточной системой, позволяющей минимизировать риски на всех стадиях производства путем мобилизации производственных процессов и ресурсов, необходимых для обеспечения безопасности производимой продукции. Она определяет систематический подход к анализу перера-

ботки сырья и производства продуктов питания, распознаванию любых возможных рисков химического, физического и биологического происхождения и их контроля. Процедуры, основанные на принципах НАССР, обязательны для применения производителями пищевой продукции на территории ЕАЭС, что подразумевает систематическую идентификацию, оценку и управление опасными факторами, существенно влияющими на безопасность продукции. В основе системы НАССР лежат семь принципов, включающие определение рисков/рискообразующих факторов; установление критических контрольных точек (далее – ККТ); установление критических пределов; мониторинг над ККТ; корректирующие действия; процедуры проверки; утверждение документации НАССР [6, 8, 16, 19, 20].

Главное достоинство системы НАССР – в ее универсальности и отсутствии формализованного подхода, что заключается в возможности самостоятельной разработки и эффективного использования в условиях конкретной организации с учетом специфики ее деятельности [3, 5].

В связи с этим возникает закономерный вопрос о возможности эффективного применения принципов НАССР в других сферах и отраслях народного хозяйства, не связанных с производством продуктов питания.

На основании анализа литературных источников, посвященных данной проблематике, можно выделить множество примеров их научно-практического использования.

Так, имеется опыт применения процедур, основанных на принципах НАССР, при производстве парфюмерно-косметической продукции и сырья. В частности, на линии по производству лаков для волос ООО «КВАД» на этапах производства, приемки и хранения сырья, перемешивания массы продукта, подачи флаконов, наполнения и хранения готовой продукции были выявлены следующие опасные факторы:

- физические – загрязнение сырья, нарушение целостности упаковки и температурного режима хранения, попадание инородных тел в готовый продукт, негерметичность завальцовки флакона, нагрев флакона;

- химические – остатки чистящих и дезинфицирующих средств, попадание смазочных материалов внутрь флакона.

А также определены следующие критические контрольные точки:

ККТ 1. Температурный режим хранения.

ККТ 2. Остатки чистящих и дезинфицирующих средств.

ККТ 3. Нарушение рецептуры.

ККТ 4. Попадание пыли, насекомых и других инородных тел внутрь флакона.

ККТ 5. Нагрев флакона.

Использование принципов НАССР позволило повысить уровень безопасности и конкурентоспособности парфюмерно-косметической продукции данного предприятия [4].

По данным сотрудников Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт», методика анализа рисков и критических контрольных точек была предложена для определения ККТ в условиях технологического процесса составления эксплуатационных характеристик гироскопических приборов. Для этого был проведен анализ эксплуатационных характеристик гироскопических приборов и выполнен экспертный анализ технологических погрешностей, на которые могут влиять параметры микроклимата производственного помещения во время процесса их составления. Выполнен математический анализ эксплуатационных параметров гироскопических приборов и проведено их распределение по степени влияния на них технологической среды. Полученные результаты позволили constатировать, что методика НАССР может быть использована для установления ККТ на всей технологической цепочке процесса составления эксплуатационных характеристик гироскопических приборов [1].

По данным Кулаева Ю.А. с соавт. [10], НАССР может служить методическим инструментом для оценки рисков, которые могут реализоваться в работе с медицинским оборудованием. По источникам возникновения и типам поражений или травм, которые пациенты могут потенциально получить в результате выхода оборудования из строя, его неправильного использования или ошибочной трактовки результатов, ими были определены следующие риски:

- физические – травмы пациента вследствие отказа в работе оборудования или неумышленного использования несоответствующего материала;

- биологические – контаминация стерильных изделий микроорганизмами, а также материалы, вызывающие реакцию биологической несовместимости и аллергические реакции;

- химические – источником могут быть материалы, из которых изготовлен прибор, а также химикаты естественного происхождения и их неумышленное добавление;

- электрические – отключение подачи электроэнергии, электропомехи, электрический шок;

- радиационные – неправильное использование оборудования;

- риски взрыва – использование медицинского оборудования в окружающей среде, содержащей воспламеняющие газы, или когда в состав устройства входят батареи, их выделяющие;

- экологические – неблагоприятные экологические условия при хранении, отгрузке и использовании медицинского оборудования;

- риски, связанные с качеством выполнения работы, – сбои в результате производственных ошибок, неадекватных указаний, ошибок программных схем ЭВМ или программного обеспечения;

- неправильный диагноз и риски отсроченного лечения – ошибочные отрицательные результаты и ошибочные положительные результаты.

В результате проведенных исследований было идентифицировано 10 рисков, которые могут реализоваться в практической медицине для решения проблемы сохранности и безопасности [10].

По результатам исследований российской научно-производственной группы было установлено, что НАССР лучше других использованных методов (РНА и FMEA) применим для анализа рисков при производстве культуральных противоядий и антирабических вакцин ветеринарного назначения. Применение НАССР позволило определить наиболее значимые показатели качества вакцин, которые могут привести к серьезным последствиям для здоровья животных, и провести анализ

рисков в ходе технологического процесса для выявления критических операций, оказывающих преимущественное влияние на выполнение установленных требований. С помощью данного метода была создана возможность контролировать не только конечный результат (готовая вакцина), но и всю материальную и производственную цепочку, начиная от приемки сырья и заканчивая применением препарата.

В результате на основе принципов метода НАССР была разработана методология анализов риска при промышленном производстве противовирусных вакцин, внедрение которой позволяет:

- оптимизировать процессы управления, не отвлекаться на ресурсы и всевозможные опасности, как это происходит сейчас, а уделять особое внимание только отдельным этапам (идентифицированным ККТ), которые существенным образом влияют на безопасность биопрепаратов;
- значительно сэкономить финансовые средства вследствие снижения доли брака и числа рекламаций – за счет обеспечения стабильного качества вакцин;
- исключить барьеры в торговле на международном рынке и проблемы взаимного признания результатов оценки соответствия в области безопасности лекарственных средств;
- получить дополнительные преимущества для участия в тендерах и повысить конкурентоспособность вакцин [11].

Имеются данные по успешному применению ключевых принципов НАССР в судостроении. Судостроение по сложности и количеству возникающих рисковых ситуаций можно сопоставить с проектом «умного дома» или даже космического корабля. Исследователи, взявшись за основу существующие принципы НАССР и направив их применение на решение задач в области судостроения, получили следующие результаты.

1. *Идентификация и описание судостроительных рисков.* Основной задачей данного этапа являлась идентификация как можно большего количества рисков и выявление как можно большего числа факторов риска. После выполнения этого этапа переходили к следующему.

2. *Установление ККТ.* После составления максимально полного перечня рисков и выявления наиболее значимых риско-

вых факторов определяли ККТ – этапы судостроительного процесса, на которых возможно применить контроль, приводящий к снижению воздействия рискового фактора или предотвращению возникновения рискового события. Для определения ККТ комиссией по внедрению НАССР использовались метод «дерева принятия решений» или анализ «что если».

3. *Диапазон критических пределов.* После установления ККТ определяли диапазон критических пределов, под которым в анализе рисков судостроительного проекта понимали временные значения, отражающие длительность этапов проекта, которые могут привести к нарушению сроков его реализации; мерные значения (% бракованной стали, % ржавчины, достаточность финансирования и т.п.), которые характеризуют свойства строящегося объекта.

4. *Регулярный мониторинг проекта.* Своевременное отслеживание изменений значений внутри диапазонов критических пределов и сигнализирование до появления отклонений о необходимости проведения корректирующих действий. В идеальной ситуации процесс управления судостроительным проектом и процесс управления его рисками должны иметь синхронный и циклический характер.

5. *Корректирующие действия.* Корректирующие действия для ККТ применяются тогда, когда значения диапазонов критических пределов превышают плановые. Для каждой ККТ применяются собственные корректирующие действия. Так, если уровень коррозии металла превышает допустимые значения, требуется обработка анткоррозийным средством, а в случае увеличения вероятности срыва срока проекта необходимо введение промежуточных «стрессовых» стадий контроля для ускорения процесса.

6. *Верификация.* Позволяет руководителям проекта оперативно узнавать все «узкие» места проекта и, возможно, даже находить «зоны роста» внедрения НАССР.

7. *Документация по управлению рисками.* Все принципы и этапы внедрения НАССР должны быть зафиксированы, заседания комиссии по внедрению НАССР – запротоколированы, а опыт по управлению рисками того или иного проекта должен находиться в свободном доступе для руководителей проекта и членов комиссии.

По итогам исследований сделан вывод, что принципы анализа рисков и критических контрольных точек применимы в судостроении при условии адаптации данной системы к судостроительному проекту [15].

Группой российских ученых ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет» изучена возможность применения методологии НАССР для управления опасными факторами при выполнении кандидатской диссертации. Была создана рабочая группа, определен координатор и технический секретарь. С помощью «мозговой атаки» группа НАССР выявила опасные факторы, которые могут присутствовать на всех этапах процесса выполнения кандидатской диссертации, и причины их возникновения. По каждому опасному фактору был проведен анализ для определения ККТ с использованием метода «дерево принятия решений». В процессе работы были выявлены следующие ККТ.

ККТ 1. Подготовка и сдача кандидатских экзаменов по философии, иностранному языку и зачета по дисциплине по выбору.

ККТ 2. Изучение публикаций по теме исследования, подготовка докладов и статей, завершение первого варианта обзора публикаций по теме диссертации.

ККТ 3. Подготовка и сдача кандидатского экзамена по специальности и зачета по дисциплине по выбору, подготовка 3-4 статей и опубликование 3 из них.

ККТ 4. Проведение экспериментальной части исследования, завершение работы над второй главой диссертации.

ККТ 5. Завершение работы над текстом диссертации, подготовка всех необходимых материалов для предварительной защиты на кафедре (автореферат, диссертация).

ККТ 6. Представление диссертации в диссертационный совет для защиты, рассылка авторефератов, подготовка документов, работа с отзывами.

Установлено, что методология НАССР может быть применена как инструмент, позволяющий аспиранту оценить все возможные опасные факторы с целью устранения или снижения выявленных рисков до приемлемого уровня и защитить кандидатскую диссертацию в установленный срок [14].

В результате проведенных исследований по совершенствованию системы менеджмента предприятий машиностроения на основе принципов и критериев качества, положенных в основу стандартов ISO 9001 и формирования интегрированных систем менеджмента, соответствующих требованиям нескольких стандартов, было установлено, что НАССР является важной моделью управления качеством продукции машиностроения. В частности, в рамках данной системы машиностроительные предприятия могут определять и оценивать риски, которые влияют на безопасность и качество продукции машиностроения, использовать механизмы технологического контроля, необходимые для профилактики возникновения или уменьшения рисков [2].

В исследованиях Попова А.Ю. [13] отмечается, что НАССР может использоваться в качестве метода идентификации инвестиционных рисков субъектами бизнеса. Данный метод обеспечивает построение структуры выявления потенциальных опасностей и угроз, а также проверки средств управления во всех структурных составляющих инвестиционного процесса. Основное направление метода – устранение угроз и обеспечение надежности механизмов инвестирования. При этом в качестве преимуществ, по сравнению с другими основными методами идентификации рисков, отмечаются структуризация, формализация и документирование процессов; практическая ориентированность на предупреждение угроз; способность управления технологическим риском; принятие в расчет человеческого фактора [13].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ литературных источников, посвященных проблеме широкого применения процедур, основанных на принципах НАССР, позволяет сделать вывод, что данная концепция управления рисками благодаря своей универсальности, адаптивности и эффективности может успешно применяться не только при производстве пищевой продукции, но и для повышения эффективности человеческой деятельности в различных сферах и отраслях экономики, в том числе подконтрольных ветеринарному надзору.

## **СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Антонюк, В. С. Вплив мікроклімату виробничого приміщення на експлуатаційні характеристики гіроскопічних приладів при їх складанні / В. С. Антонюк, Ю. Г. Мережсаний // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2011. – Вип. 42. – С. 78–84.
2. Бекетова, О. Н. Инновационные технологии управления качеством продукции на предприятиях машиностроения / О. Н. Бекетова, М. В. Арифуллин, А. Л. Фролов // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2023. – № 4. – С. 18–22.
3. Гайнурова, Т. В. ХАССП – основа безопасности и конкурентоспособности молока / Т. В. Гайнурова, С. Г. Кренева // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – № 4 (4). – С. 68–72.
4. Герасимчик, М. Опыт внедрения системы ХАССП на предприятиях парфюмерно-косметической промышленности / М. Герасимчик, В. Данилин // Стандарты и качество. – 2008. – № 8. – С. 60–62.
5. Гудзь, В. П. Пути повышения производства качественной и безопасной говядины в условиях сельскохозяйственных и боенских предприятий: монография / В. П. Гудзь, В. Н. Беляевский. – Гродно : ГГАУ, 2019. – 182 с.
6. Димитриев, А. Д. Проблемы использования принципов ХАССП при производстве сладкосливочного масла «Крестьянское» / А. Д. Димитриев, Н. В. Трофимова // Вестник Российского университета кооперации. – 2015. – № 1 (19). – С. 39–42.
7. Дмитриев, А. Д. Проблема внедрения принципов ХАССП для обеспечения качества и безопасности производства кулинарной продукции / А. Д. Дмитриев, Н. Ю. Владимирова, Е. А. Михеева // Вестник Российского университета кооперации. – 2014. – № 3 (17). – С. 142–145.
8. Захарова, Л. М. Применение системы НАССП при разработке технологии функционального кисломолочного продукта с добавлением галактоолигосахаридов и концентратами сывороточных белков / Л. М. Захарова, Ю. С. Щербинина // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3. – С. 110–114.
9. Каиштанова, Д. В. Применение риск-ориентированного подхода при планировании и организации противоэпизоотических мероприятий на территории субъекта / Д. В. Каиштанова, Д. А. Орехов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4 (40). – С. 136–140.
10. Кулаев, Ю. А. Применение принципов системы ХАССП / Ю. А. Кулаев, Б. П. Бучнев, Е. В. Лузик // Фармакоэкономика. – 2009. – № 3. – С. 64.
11. Методология рисков в производстве культуральных противовирусных вакцин / Н. М. Пухова [и др.] // Актуальные проблемы ветеринарной медицины: материалы Междунар. науч.-практик. конф., посвященной 90-летию со дня рождения профессора В.А. Киришина (Казань, 05–06 апреля 2018 года) / ФГБНУ. – Казань, 2018. – С. 255–259.
12. Мухаметшина, А. М. Управление качеством рубленых полуфабрикатов на основе системы НАССП / А. М. Мухаметшина // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2013. – № 216. – С. 226–231.
13. Попов, А. Ю. Инвестиционные риски капитальных вложений в активы субъектов бизнеса: классификация, идентификация, обеспечение безопасности / А. Ю. Попов // Инновационное развитие экономики. – 2021. – № 1 (61). – С. 336–344.
14. Применение методологии ХАССП для управления опасными факторами при выполнении кандидатской диссертации / С. В. Мищенко [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 2 (40). – С. 116–123.
15. Путилина, Е. К. Применение принципов анализа рисков и критических контрольных точек в судостроении / Е. К. Путилина // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2013. – № 1. – С. 138–143.
16. Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Управление безопасностью пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек. Общие требования: СТБ 1470-2012. – Введ. 18.01.2012. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2012. – 11 с.
17. Степанов, А. А. Применение риск-ориентированного подхода в системе менеджмента качества логистической компании / А. А. Степанов; науч. рук. О. В. Жемчугова // Экономика. Менеджмент. Финансы: Актуальные вопросы теории и практики: сб. статей Междунар. науч.-практик. конф., Пенза, 15 января 2023 г. / ПГУ. – Пенза, 2023. – С. 27–31.
18. Третьякова, А. Е. Совершенствование системы управления качеством на фармацевтическом предприятии за счет внедрения эффективного риск-менеджмента / А. Е. Третьякова // Инновации в здоровье нации: материалы VII Всероссийской науч.-практик. конф. с междунар. участием, Санкт-Петербург, 07–08 ноября 2019 г. / СПХФУ. – СПб., 2019. – С. 394–397.

- 
19. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции / Евразийская экономическая комиссия. – Введ. 01.07.2013. – Минск : Госстандарт : БелГИСС, 2012. – 196 с.
20. Черевична, Н. І. Застосування методологічного підходу до розробки та впровадження системи управління якістю бісквітної продукції на основі концепції НАССР / Н. І. Черевична, В. С. Ольховська // Праці ТДАТУ. – 2014. – Вип. 14, т. 1. – С. 9–11.
21. FMEA – анализ как один из комплексных методов эффективного управления качеством / А. В. Мартынюк [и др.] // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 6. – С. 122–126.

**УДК 616.993(476.2+476.7)**

**Цвирко Л.С.,** доктор биологических наук, профессор<sup>1</sup>  
**Науменко Т.В.,** заведующий отделением особо опасных инфекций<sup>2</sup>  
**Кляцко И.В.,** заведующий отделением особо опасных инфекций<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, г. Гомель, Республика Беларусь

<sup>3</sup>Брестский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, г. Брест, Республика Беларусь

## **ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕШЕНСТВА В БЕЛОРУССКОМ ПОЛЕСЬЕ (ГОМЕЛЬСКАЯ, БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТИ)**

### **Резюме**

В статье представлен ретроспективный и текущий анализ особенностей эпидемической обстановки по бешенству на территории белорусского Полесья. За 29-летний период (1949–1977 гг.) в регионе зарегистрировано 57 случаев гидрофобии у людей. В 64,9 % случаев причиной заболевания являлись укусы больных домашних собак. Обращаемость за антирабической помощью и число лиц, подвергшихся риску заражения бешенством (укушенные, оцарапанные или ослоненные больным бешенством или подозрительным на бешенство животным), остаются высокими, превышая в отдельные годы республиканские показатели.

**Ключевые слова:** гидрофобия, распространение, антирабическая помощь, белорусское Полесье.

### **Summary**

The article presents a retrospective and current analysis of the characteristics of the rabies epidemic situation in the territory of belorussian Polesie. During the 29-year period (1949–1977), 57 cases of hydrophobia in humans were registered in the region. In 64,9 % of cases the disease was caused by bites of sick domestic dogs. The rate of applications for antirabies treatment and the number of persons exposed to the risk of rabies infection (bitten, scratched or spat on by a rabies-sick or rabies-suspecting animal), remain high, exceeding in some years the republican indicators.

**Keywords:** rabies, distribution, anti-rabies medical care, belorussian Polesie.

Поступила в редакцию 12.04.2024 г.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Бешенство (водобоязнь, лат. – *rabies*, *hydrophobia*) – смертельно опасное вирусное заболевание, передающееся человеку при контактах с инфицированными вирусом бешенства домашними и дикими животными и занимающее исключительно важное место в инфекционной патологии. Ежегодно в мире после укусов животных, больных бешенством, погибают от 40 до

70 тыс. человек, ежедневно от бешенства умирает примерно 160 человек. По данным Всемирной организации здравоохранения в мире ежегодно свыше 10 млн человек получают различные повреждения от животных, более 4 млн – специфическую антирабическую помощь, что, согласно оценкам экспертов, позволяет предотвращать сотни тысяч случаев смерти от бешенства [11]. В Российской Федерации за медицинской по-

мощью по причине укусов дикими и домашними животными обращаются более 400 тысяч человек в год и более 250 тысяч нуждаются в проведении лечебно-профилактических прививок [2].

На современном этапе бешенство продолжает занимать одно из ведущих мест среди инфекционных болезней, общих для человека и животных, нанося значительный экономический ущерб. В настоящее время инфекция встречается в более 160 странах и территориях и зарегистрирована у более чем 50 видов млекопитающих. В России за последние пять веков бешенство описано у 53 таксонов млекопитающих, из них людей заражали представители 21 таксона, или 40 % от млекопитающих, зараженных бешенством [6]. Но основными источниками инфицирования человека являются дикие и домашние псовые, более чем в 99 % случаев бешенства у людей вирус передается собаками [10].

Официально первый случай гидрофобии у человека в Беларуси зарегистрирован в 1923 г., а к 1929 г. сообщалось уже о 62 случаях гидрофобии у людей [1]. Последний случай бешенства со смертельным исходом в республике зарегистрирован в 2012 г. в Быховском районе Могилевской области, умерла женщина после укуса домашней собакой. Всего за период с 1949 по 2012 гг. в стране отмечено 150 случаев гибели людей от бешенства.

До 1976 г. обращаемость населения в Беларуси за антирабической помощью не превышала 8 тыс. человек. С 1994 г. по настоящее время в организации здравоохранения за оказанием медицинской помощи по случаю контакта с подозрительными на бешенство животными ежегодно обращаются более 20 тыс. человек. За последнее десятилетие (2011–2020 гг.) обращаемость колеблется в пределах от 195,4 до 251,8 на 100 тыс. населения, в том числе около 200–300 человек в год обращаются за антирабической помощью после контакта с больными бешенством животными. Только за шесть месяцев 2023 г. за медицинской помощью обратились более 9,2 тыс. человек (за 6 мес. 2022 г. – около 9,0 тыс. человек). При этом пострадавших в результате контакта с подозрительными на бешенство собаками обратилось 60,8 % пациентов, кошками – 34,9 %, дикими животными – 2,6 %, сельскохозяйственными

животными – 1,7 %. 83,7 % пострадавшим назначена лечебно-профилактическая иммунизация против бешенства.

Цель исследования – проведение эпидемиологического мониторинга циркуляции вируса бешенства на территории белорусского Полесья за период с 1949 по 2023 гг.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе представлен ретроспективный и текущий анализ особенностей эпидемической обстановки по гидрофобии на территории белорусского Полесья. Проанализированы данные о заболеваемости людей, источниках рабдоинфекции и частота обращаемости населения за антирабической медицинской помощью. Материалом для исследований являлись обобщенные данные учетно-отчетной документации и ежегодных информационно-аналитических бюллетеней Гомельского и Брестского областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (ЦГЭ и ОЗ), результаты собственных исследований. В работе использовались статистические издания и публикации, содержащие информацию об эпидемической ситуации по бешенству в регионе Полесья. Сравнительно-историческому и сравнительно-географическому анализу подвергнута заболеваемость бешенством людей за 29-летний период. Частота обращаемости за антирабической помощью населения в Гомельской и Брестской областях проанализирована за период с 2010 по 2023 гг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время регион белорусского Полесья представляет собой обширную очаговую территорию с активной циркуляцией возбудителя бешенства среди диких и домашних животных. Очаги и случаи бешенства среди животных зарегистрированы на территории 37 (из 37) административных районов региона [9]. В течение 1958–2023 гг. на данной территории диагностировано 6004 случая заболеваний животных бешенством. Бешенство установлено у 29 видов животных, из них у 19 видов диких, 5 видов домашних и 5 видов сельскохозяйственных животных. Доминирующее место среди больных животных занимает лисица – 39,8 %. От числа зарегистрированных случаев бешенства среди

диких животных на долю лисиц приходится 73,5 %.

Эпизоотии бешенства среди диких животных приводят к повышенному риску встреч с ними населения, а также увеличивают опасность инфицирования домашних и сельскохозяйственных животных, с которыми человек контактирует ежедневно. Из всех домашних животных заболеваемость регистрировалась преимущественно у собак. Среди всех больных животных на долю собак приходится 10,5 %, от числа зарегистрированных случаев бешенства домашних животных – 52,8 %. Среди сельскохозяйственных животных заболеваемость регистрировалась чаще всего у крупного рогатого скота. Из всех больных животных на долю КРС приходится 10,5 %, от числа зарегистрированных случаев бешенства среди сельскохозяйственных животных – 92,7 %.

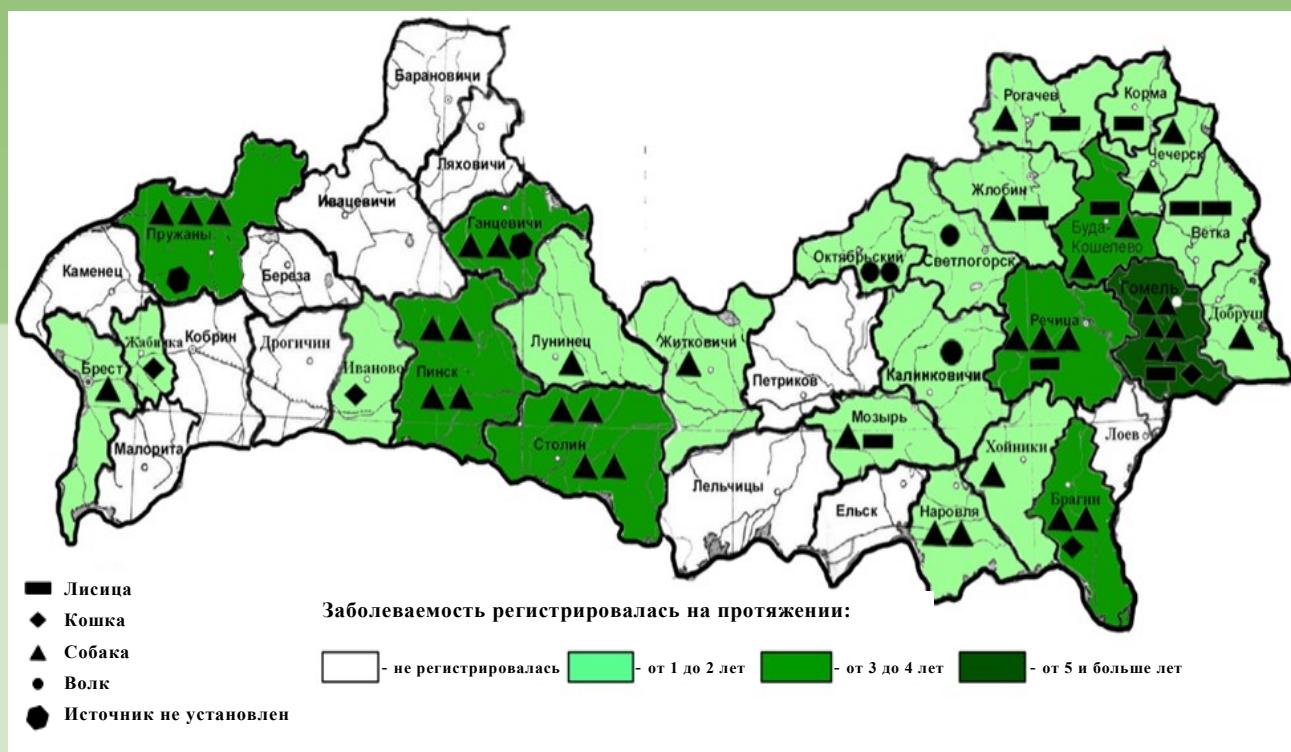
Официально первый случай гидрофобии у человека в регионе белорусского Полесья зарегистрирован в 1949 г. (Брестская область). За 29-летний период (1949–1977 гг.) отмечено 57 случаев заболеваний людей бешенством (43,8 % всех зарегистрированных случаев в Беларуси). Случаи болезни регистрировались в 25 (из 37) административных районах Полесского региона [8]. Наибольшая заболеваемость выявлялась в 1952–1954 гг. (от 0,248 до 0,250 случаев на 100 тыс. населения). Относительно высокой (0,170 случаев на 100 тыс. населения) заболеваемость оставалась в 1977 г. В периоды 1949–1951, 1955–1976 гг. она была невелика, не превышала 0,114 случаев на 100 тыс. населения. Периоды эпидемического благополучия имели место в 1965–1968, 1970–1972, 1974 и 1976 гг.

В Гомельской области первый случай бешенства человека зарегистрирован в 1952 г., последний – в 1977 г. Всего за этот период имело место 38 случаев заболеваний в 17 (из 21) административных районах области. Максимальное количество заболеваний было отмечено в 1953 и 1954 гг. (по 6 человек), а также в 1977 г. (5 человек). Но если в 1953 г. высокая заболеваемость определялась 4 случаями в Гомельском районе, то в 1977 г. по одному случаю было в Брагинском, Буда-Кошелевском, Ветковском, Речицком и Рогачевском районах.

В Брестской области эпидемическая ситуация несколько иная. Подъем заболе-

ваемости (42,1 % всех случаев) в Брестской области приходится на годы полного эпидемического благополучия по бешенству в Гомельской области (1949–1951 гг., 1959 г.) [7]. В 1953–1954 гг., когда регистрировалась самая высокая заболеваемость бешенством среди людей в Гомельской области, заболевших в западной части Полесского региона не отмечалось. Наибольшее количество случаев гидрофобии (5 человек) в Брестской области имело место в 1952 г., в это время в юго-восточном Полесье зарегистрирован лишь один случай гидрофобии. Заболевания бешенством людей в области регистрировались на территории 8 (из 16) административных районов. Наиболее неблагополучными по бешенству были Столинский, Пинский и Пружанский районы, на долю которых приходилось по 63,1 % от всех случаев заболеваний в области. Относительно высокой заболеваемость оставалась в Ганцевичском районе (15,7 % от всех заболевших в области). На территории Брестского, Жабинковского, Ивановского и Лунинецкого районов отмечались единичные случаи бешенства среди людей. Последний случай гидрофобии в области отмечен на территории Ганцевичского района в 1962 г. При анализе причин инфицирования людей возбудителем бешенства по областям выяснено, что в качестве источника инфекции в Брестской области регистрируются только домашние животные – собаки, кошки (соответственно в 79,0 % и 10,5 % случаев). В двух случаях (10,5 %) источник заражения не установлен.

В Гомельской области наряду с домашними активное участие в процессе распространения рабдовируса принимали дикие плотоядные (лисица, волк), на долю которых в качестве источника рабицкой инфекции у людей приходится 34,2 % случаев. Больные бешенством животные, нанесшие укусы, оцарапывания и ослонения людям, зарегистрированы на территории 11 административных районов (Буда-Кошелевский, Ветковский, Гомельский, Жлобинский, Калинковичский, Кормянский, Мозырский, Октябрьский, Речицкий, Рогачевский, Светлогорский). В процессе инфицирования населения лидируют собаки – в 60,5 % случаев. Кошки в качестве источника рабдовируса зарегистрированы в 5,3 % случаев гидрофобии (рисунок).



**Рисунок – Случаи гидрофобии в районах белорусского Полесья и виды животных, нанесших повреждения (1949–1977 гг.)**

Несмотря на то, что с 1978 г. заболевания бешенством людей в белорусском Полесье не регистрируются, настороженность населения и органов здравоохранения в отношении вируса бешенства сохраняется. В Брестской области в 1980 г. она составляла 113,9 человека на 100 тыс. населения, проявив выраженную тенденцию роста в последующие годы (325,3 обращения на 100 тыс. населения в 1993 г.). В 2000 г. обращаемость населения за антирабической помощью отмечалась на уровне 257,3 случаев на 100 тыс. населения. С 2010 г. она регистрируется на отметке ниже 200 обращений на 100 тыс. населения в год, продолжая оставаться несколько ниже, чем в целом по республике, по настоящее время.

В Гомельской области обращаемость населения за антирабической помощью в 1980 г. составила 187,7 человека на 100 тыс. населения. Затем этот показатель остается довольно стабильным – в пределах от 141,3 (1986 г.) до 174,3 (1988 г.), а затем резко возрастает к 1994 г. (211,6 обращений), после чего имеет постоянную тенденцию роста, во все годы превышая 200 об-

ращений на 100 тыс. населения в год, что, безусловно, определяется как природными факторами, активизацией эпизоотического процесса, так и настороженностью персонала, успехами информационно-образовательной работы.

В среднем за 11 лет (с 2010 по 2020 гг.) в Гомельской области обращается в медицинские учреждения по поводу укусов животными 3741 человек в год (262,5 обращений на 100 тыс. населения) (таблица 1). В Брестской области – 2288 человек (167,7 обращений на 100 тыс. населения в год), что, как показано в той же таблице, несколько уступает обращаемости населения по поводу укусов животных в целом по республике, колеблющейся за аналогичный период в пределах от 195,4 до 251,8 обращений на 100 тыс. населения.

Естественно, что в приведенные цифры входят не только укусы больными животными, но и все укусы, по поводу которых пострадавшие обращались в лечебные учреждения, что опять-таки свидетельствует скорее о настороженности населения, а не об уровне эпидемической опасности.

Таблица 1 – Количество лиц, обратившихся в организации здравоохранения за антирабической помощью

Годы	Гомельская область		Брестская область		Всего по республике на 100 тыс. населения
	абс.	на 100 тыс. населения	абс.	на 100 тыс. населения	
2010	3905	271,9	2695	193,4	241,4
2011	4104	286,0	2672	192,0	251,8
2012	3950	276,3	2420	176,8	233,5
2013	3681	258,3	2247	164,2	218,4
2014	3588	251,8	2137	157,3	209,6
2015	4066	285,6	2265	168,7	224,9
2016	3994	280,9	2421	181,6	221,1
2017	3516	247,5	2059	152,0	212,6
2018	3586	253,3	2240	162,3	227,2
2019	3726	264,3	2187	160,6	234,8
2020	3043	211,2	1824	135,4	195,4
Всего	41159		25167		

Население чаще всего страдает от укусов собак и кошек. За период с 2011 г. по 2023 г. за антирабической помощью в Гомельской области обратилось 46777 человек, из них с жалобами на укусы и оцарапывания собаками и кошками – 44233, что составило 94,5 % от числа всех пострадавших.

При этом от нападения владельческих животных (имеющих хозяев) пострадало 71,2 %, от безнадзорных собак и кошек – 28,8 %. При контакте с подозрительными на бешенство сельскохозяйственными животными пострадало 2,2 %, с дикими – 3,3 % (таблица 2).

Таблица 2 – Видовой состав животных, нанесших повреждения (укусы, оцарапывание, ослонение) лицам, обратившимся за антирабической помощью в 2011–2023 гг.

Вид животного	Брестская область		Гомельская область	
	абс.	%	абс.	%
Лисица	144	0,51	209	0,45
Волк	18	0,06	58	0,12
Енотовидная собака	37	0,13	74	0,16
Другие дикие	762	2,69	1233	2,64
Всего диких животных	961	3,4	1574	3,3
Собака домашняя	13346	47,05	21880	46,78
Собака безнадзорная	6870	24,22	9508	20,33
Кошка домашняя	4614	16,27	9625	20,58
Кошка безнадзорная	2103	7,41	3220	6,88
Всего домашних животных	26933	94,9	44233	94,5
Крупный рогатый скот	115	0,41	456	0,97
Лошадь	73	0,26	161	0,34
Другие сельскохозяйственные животные	281	0,99	353	0,75
Всего сельскохозяйственных животных	469	1,7	970	2,2
Всего животных	28363		46777	

Как показано в той же таблице 2, за аналогичный период в Брестской области с жалобами на укусы собак обратилось 20216 человек, что составляет 71,3 % от числа всех обратившихся за антирабической помощью. От укусов и оцарапываний кошек пострадало 6717 человек, или 23,7 %. Из них на долю домашних питомцев, нанесших укусы, оцарапывания и ослонения, приходится 66,7 %, не имеющих хозяев собак и кошек – 33,3 %. От контактов с подозрительными на бешенство сельскохозяйственными животными пострадало 1,7 % населения области. Ежегодно от контакта с дикими животными страдает около 4,0 %.

От животных с лабораторно подтвержденным диагнозом «бешенство» в Го-

мельской области за период с 2011 по 2023 гг. пострадало 1631 человек, или 3,5 % от числа обратившихся за антирабической помощью (таблица 3). Чаще всего в процессе инфицирования населения лидируют собаки и кошки – 58,8 %. Среди них на долю больных бешенством домашних питомцев приходится 782 животных, или 81,5 %, на долю безнадзорных кошек и собак – 177 (18,5 %). Контактные лица с больными бешенством сельскохозяйственными животными составили 26,8 % всех пострадавших. На долю крупного рогатого скота приходится 95,6 % пострадавших от всех сельскохозяйственных животных с лабораторно диагностированным бешенством.

Таблица 3 – Контакт населения с больными бешенством животными (с лабораторно подтвержденным диагнозом) в Гомельской области

Годы	Всего обратилось за антирабической помощью	Из них вследствие контакта с больным бешенством животным		Количество больных животных, нанесших ослонения и укусы					
		абс.	%	дикие		домашние		сельскохозяйственные	
				абс.	%	абс.	%	абс.	%
2011	4104	235	5,73	47	20,0	144	61,28	44	18,72
2012	3950	131	3,32	27	20,61	74	56,49	30	22,90
2013	3681	111	3,02	19	17,12	59	53,15	33	29,73
2014	3588	123	3,43	20	16,26	54	43,90	49	39,84
2015	4066	223	5,48	29	13,0	135	60,54	59	26,46
2016	3994	295	7,39	33	11,19	164	55,59	98	33,22
2017	3516	118	3,36	18	15,25	75	63,56	25	21,19
2018	3586	88	2,45	15	17,05	40	45,45	33	37,50
2019	3726	89	2,39	5	5,62	65	73,03	19	21,35
2020	3043	101	3,32	8	7,92	71	70,39	22	21,78
2021	3080	39	1,27	2	5,13	28	71,79	9	23,08
2022	3150	56	1,78	10	17,86	36	64,28	10	17,86
2023	3293	22	0,67	2	9,09	14	63,64	6	27,27
Итого	46777	1631	3,49	235	14,41	959	58,80	437	26,79

Среди диких больных животных, нанесших укусы или ослонения, 49,4 % случаев составляет лисица, 15,3 % – енотовидная собака, 11,1 % – волк. В последние годы отмечено увеличение обращаемости населения за медицинской помощью после укусов других диких животных. Кроме основных носителей вируса бешенства (ли-

сица, енотовидная собака, волк), в последние десятилетия, начиная с 2000 г., отмечены случаи активного вовлечения в эпидемический процесс лесной куницы, рыси, барсука, лесного хоря. Единичные случаи нанесения повреждений отмечаются больными бешенством горностаем, лаской, американской норкой. Среди этих жи-

вотных вирус чаще всего обнаруживался у лесной куницы (69 случаев) и лесного хоря (36 случаев). В юго-восточной части Полесья, кроме хищных плотоядных, в циркуляцию возбудителя рабической инфекции вовлекаются грызуны (белка, бобр, ондатра, выдра речная, мышевидные грызуны), парнокопытные (лось, кабан) и рукокрылые (летучие мыши). Указанные животные являются источником заражения людей в 24,3 % случаев всех покусанных дикими животными с лабораторно диагностированным бешенством. Сказанное свидетельствует не только об общем увеличении напряженности эпизоотического процесса, но и о явном изменении эпидемической ситуации в сторону вовлечения в нее диких животных как источников инфекции.

В Гомельской области (2011–2023 гг.) курс лечебно-профилактических прививок назначен 24122 пострадавшим из числа обратившихся (51,6 %). Антирабический иммуноглобулин получили 6772 человека, или 14,5 % от всех обратившихся по поводу контакта с подозрительными на бешенство животными. В Брестской области за указанный период 87,3 % пострадавшим из числа обратившихся назначен курс лечебно-профилактических прививок. Антирабический иммуноглобулин получили 8030 человек, или 28,3 % от числа всех обратившихся за антирабической помощью.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бешенство, имеющее глобальное распространение, является актуальным природноочаговым зоонозом и для белорусского Полесья. За 29-летний период (1949–1977 гг.) здесь зарегистрировано 57 случаев гибели людей от бешенства, что составляет 43,8 % всех случаев гидрофобии у людей в Беларуси. Из них 66,7 % заболевших зарегистрированы в Гомельской области, 33,3 % – в Брестской. Случаи болезни отмечались в 25 из 37 административных районах Полесского региона. Последние случаи гидрофобии в регионе Полесья зарегистрированы в 1977 г.

Несмотря на отсутствие заболеваний людей бешенством в Полесском регионе на протяжении более четырех десятилетий, настороженность населения в отношении инфекции остается высокой. Ежегодно регистрируются десятки, в отдельные годы – сотни случаев бешенства среди диких (ли-

сы, енотовидные собаки, волки и другие), домашних (собаки, кошки) и сельскохозяйственных животных (крупный рогатый скот и другие). С 2000 г. эпизоотическая ситуация явно изменилась в сторону вовлечения в нее диких животных. Регистрируется постоянное увеличение доли от числа зарегистрированных больных животных лисицы, которая в 1956–1977 гг. составляла 13,5 %, а в последние десятилетия в обеих областях возросла в десятки раз (лисица в Гомельской области в 2000–2021 гг. составила 42,8 % заболевших животных, в Брестской – 65,7 %). Дикие животные, главным образом лисицы и енотовидные собаки, служат основным резервом инфекции, и от них бешенство распространяется на безнадзорных собак и кошек, а затем – на владельческих кошек, собак и сельскохозяйственных животных.

Наличие случаев бешенства среди животных может способствовать возникновению случаев заболевания среди населения. Ежегодно около 5 тыс. человек в Брестской и Гомельской областях обращаются в организации здравоохранения за оказанием медицинской помощи по случаю контакта с животными, в том числе больными бешенством. За 2023 г. за антирабической помощью в регионе обратились более 5,5 тыс. человек (за 2022 г. – более 5,0 тыс. человек). При этом по поводу контакта с собаками обратилось 61,7 % пациентов, кошками – 33,5 %, дикими животными – 3,5 %, сельскохозяйственными животными – 1,3 %.

Одним из эффективных методов снижения циркуляции вируса бешенства во внешней среде остается регуляция численности и пероральная иммунизация диких плотоядных животных [3, 4]. В настоящее время в стране ежегодно (осенью, весной) разбрасывается около 2,7 млн вакцин-содержащих блистер-приманок для иммунизации диких плотоядных животных против бешенства. Наряду с проведением мер по профилактике бешенства среди диких животных активно осуществляются мероприятия по массовой вакцинации домашних (собаки, кошки) и сельскохозяйственных животных. Домашние собаки и кошки ежегодно подвергаются профилактической вакцинации против бешенства. Только в Брестской области за шесть месяцев 2023 г. привито 42 310 кошек и собак.

В регионе проводится активная санитарно-просветительная работа по профилактике бешенства. Население информировано об особенностях поведения больных животных, о необходимости избегать тесного контакта с незнакомыми домашними животными и любого контакта с дикими животными [1], об экстренных мерах, которые необходимо предпринимать после укуса или ослонения бешеными или подозрительными на бешенство животным [5]. С процедурой местной обработки ран должен быть ознакомлен каждый человек, особенно проживающий в местности, не благополучной по бешенству. Лица, по роду своей деятельности подвергающиеся риску заражения (ветеринарные работники, лица, выполняющие работы по отлову безнадзорных животных, лесники, егеря,

охотники и другие), подлежат профилактической иммунизации против бешенства. С профилактической целью в период с 2013 по 2020 гг. в целом по республике сделано 17239 вакцинирующих и ревакцинирующих прививок.

Благодаря проводимым профилактическим мероприятиям только в 2023 г. по сравнению с 2020 г. число случаев бешенства среди животных на территории региона Полесья уменьшилось на 76,8 % случаев (с 220 случаев до 51). В сумме по областям обращаемость за антирабической помощью снижается (2012 г. – 6370, 2018 г. – 5826, 2023 г. – 5505) и в последние годы остается в пределах 5–5,5 тыс. обращений в год. Случаев бешенства среди населения Полесского региона не отмечалось на протяжении последних 46 лет (с 1978 г.).

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мишаева, Н. П. Бешенство в Беларуси. Проблемы защиты населения / Н. П. Мишаева, Л. С. Цвирко, С. П. Павлюченко. – Минск : Бел. изд. тов-во «Хата», 2004. – 294 с.
2. Мовсесянц, А. А. Современные проблемы вакцинопрофилактики бешенства / А. А. Мовсесянц, Ю. В. Олефир // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 10–16.
3. Пероральная вакцинация диких плотоядных животных против бешенства в Беларуси (обзор) / Н. А. Ковалев и [и др.] // Экология и животный мир. – 2020. – № 2. – С. 42–51.
4. Профилактика бешенства в Беларуси / Н. А. Ковалев [и др.] // Эпизоотология Иммунобиология Фармакология Санитария. – 2013. – № 2. – С. 3–8.
5. Рекомендации по предупреждению заболеваний населения бешенством / Н. П. Мишаева [и др.]; под общ. ред. Н. П. Мишаевой. – Мозырь : УО МГПУ, 2004. – 28 с.
6. Сидоров, Г. Н. Изменение роли млекопитающих в заражении людей бешенством в России за исторически обозримый период в 16–21 веках / Г. Н. Сидоров, Е. М. Полещук, Д. Г. Сидорова // Зоологический журнал. – 2019. – Т. 98, № 4. – С. 437–452.
7. Цвирко, Л. С. Эпидемиология бешенства в белорусском Полесье / Л. С. Цвирко, Н. П. Мишаева // Весн. Мазыр. пед. ін-та імя Н.К. Крупской. – 2002. – № 6. – С. 41–44.
8. Цвирко, Л. С. Результаты мониторинга эпидемической и эпизоотической ситуации по бешенству в Белорусском Полесье (на примере Гомельского региона) / Л. С. Цвирко, Н. П. Мишаева // Здоровье для всех. – 2008. – № 1.
9. Цвирко, Л. С. Эпизоотология бешенства в белорусском Полесье / Л. С. Цвирко, Т. В. Науменко, И. В. Кляцко // Эпизоотология Иммунобиология Фармакология Санитария. – 2022. – № 1. – С. 3–10.
10. Kopel E., Oren G., Sidi Y., David D. Inadequate antibody response to rabies vaccine in immuno-compromised patient. Emerg Infect Dis. 2012; 18(9) 1493–5. <https://doi.org/10.3201/eid.1809.111833>.
11. World Health Organization, World Organisation for Animal Health, Food and Agriculture Organization, Global Alliance for Rabies Control. Zero by 30: the Global Strategic Plan to end human deaths from dog-mediated rabies by 2030 (accessed June 18, 2018).

Бычкова Е.И., доктор биологических наук, профессор  
Якович М.М., старший научный сотрудник  
Сусло Д.С., научный сотрудник  
Довнар Д.В., кандидат биологических наук

ГНПО «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по биоресурсам», г. Минск, Республика Беларусь

## КРОВОСОСУЩИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ (ACARI: IXODIDAE; DIPTERA: CULICIDAE, SIMULIIDAE) В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ РАЗЛИЧНОЙ КАТЕГОРИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

### Резюме

В статье представлены результаты исследований видового состава и численности кровососущих членистоногих в населенных пунктах различной категории Гомельской области Беларусь. Отмечено 2 вида иксодовых клещей – *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) и *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794); 19 видов кровососущих комаров из 4 родов (род *Aedes* (Meigen, 1818) – 16 видов, рода *Anopheles* (Meigen, 1818), *Culex* (Linnaeus, 1758), *Coquillettidia* (Dyar, 1905) – по 1 виду); 3 вида мошек из 2 подродов (*Eusimulium* и *Simulium*) рода *Simulium* (Latreille, 1802). Средняя относительная численность имаго иксодид составила  $11,8 \pm 2,7$  экз. на флаг/км; личинок кровососущих комаров –  $63,4 \pm 15,8$  экз./м<sup>2</sup>, имаго –  $20,3 \pm 5,1$  экз./учет; личинок и куколок мошек –  $19,0 \pm 9,6$  экз./дм<sup>2</sup>. Средняя относительная численность иксодовых клещей на территории города областного подчинения была более чем в 1,5 раза ниже, чем на территории сельского населенного пункта.

**Ключевые слова:** Ixodidae, Culicidae, Simuliidae, видовой состав, населенный пункт, Беларусь.

### Summary

The article presents the results of research of the species composition and relative abundance of blood-sucking arthropods in settlements of various types of the Gomel region of Belarus. A total of 2 species of Ixodidae – *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) and *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794); 19 species of mosquitoes from 4 genera (*Aedes* (Meigen, 1818) – 16 species, *Anopheles* (Meigen, 1818), *Culex* (Linnaeus, 1758), *Coquillettidia* (Dyar, 1905) – 1 species each) and 3 black fly species from 2 subgenera (*Eusimulium* and *Simulium*) of genus *Simulium* (Latreille, 1802) have been found. The abundance of Ixodidae averaged  $11,8 \pm 2,7$  per flag/km; mosquito larvae –  $63,4 \pm 15,8$  ind. per square meter, adult –  $20,3 \pm 5,1$  ind. per sampling; black fly larvae and pupae –  $19,0 \pm 9,6$  ind. per square decimeters. The average relative abundance of Ixodidae on the territory of the city of regional subordination was over 1,5 times less than on the territory of the rural settlement.

**Keywords:** Ixodidae, Culicidae, Simuliidae, species composition, settlement, Belarus.

Поступила в редакцию 02.02.2024 г.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие для многих городов мира стала актуальной проблема формирования урбанистических очагов трансмиссивных инфекций и инвазий, таких как клещевой энцефалит (КЭ), иксодовые клещевые боррелиозы (ИКБ, или Лайм-боррелиоз (ЛБ)), лихорадка Западного Нила, дирофиляриоз и др. [8, 9, 12]. Актуальна эта проблема и для Беларусь. На территории нашей страны к числу наиболее значимых и активных в эпидемическом отношении заболеваний, возбудители которых передаются иксодовыми клещами, относятся КЭ и ИКБ [6]. С 2020 по 2022 гг. случаи заболевания КЭ отмечались среди жителей 53 административно-территориальных единиц во всех регионах республики,

наибольший удельный вес заболевших привелся на городское население [16]. ИКБ, или болезнь Лайма, занимает лидирующую позицию по распространенности и частоте регистрации среди заболеваний, связанных с иксодидами [19]. Всего в Беларусь насчитывается 104 района, неблагополучных по ИКБ. Наиболее активные природные очаги выявлены в ряде районов Минской, Гродненской, Брестской, Гомельской областей [6].

Гомельская область расположена на юго-востоке Беларусь и граничит с Брянской областью России, а также с Киевской, Черниговской и Житомирской областями Украины. Климат в регионе умеренно континентальный, с теплым летом и мягкой зимой. Средняя температура января – минус 6 °C, июля – плюс 18 °C. Зимой преоб-

ладают южные ветры, летом – западные и северо-западные. Скорость ветра в среднем за год составляет около 3 м/с. Годовое количество осадков колеблется в пределах 550–660 мм. В области один из самых продолжительных в стране вегетационных периодов (191–209 дней) [4].

В 2022 г. среди населения Гомельской области зарегистрирован рост показателя заболеваемости ЛБ в 2 раза (18,10 на 100 тыс. населения, в 2021 г. – 9,2). Случаи заболевания ЛБ регистрировались на 13 административных территориях. Показатель заболеваемости клещевым энцефалитом в области в 2022 г. составил 0,37 случаев на 100 тыс. населения, в 2021 г. – 0,07. Всего за 2022 г. среди населения области зарегистрировано 5 случаев заболевания КЭ в Рогачевском районе (1 случай), Светлогорском (2), Мозырском (2 случая). Во всех случаях заражение КЭ происходило после укуса клеща. Из трансмиссивных заболеваний за истекший год в области зарегистрирован также 1 случай заболевания малярией (показатель на 100 тыс. населения – 0,07), зарегистрирован в г. Гомеле у иностранного гражданина (завозной случай) [2, 11]. К тому же в центры санитарно-эпидемиологической службы области ежегодно обращаются граждане по поводу аллергических реакций и факторов беспокойства, вызванных укусами членистоногих, в том числе кровососущих комаров и мошек.

В связи с вышеизложенным целью данного исследования являлось изучение видового разнообразия и распространения кровососущих членистоногих (иксодовых клещей, кровососущих комаров и мошек) в населенных пунктах различной категории на территории Гомельской области Беларусь.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования по изучению видового разнообразия и распространения кровососущих членистоногих проведены в 2023 г. на территориях рекреационных зон населенных пунктов различной категории Гомельской области Республики Беларусь. Для проведения исследований были выбраны город областного подчинения (г. Гомель), город районного подчинения (г. Добруш) и сельский населенный пункт (пос. Чёнки). Места стационарных иссле-

дований: г. Гомель – парк «Фестивальный», зеленая зона микрорайонов «Южный» и «Красный Октябрь», городской лесопарк микрорайона «Южный», биологический заказник местного значения «Мнемозина»; г. Добруш – городская зона отдыха «Остров», городская зона рекреации микрорайона «Коммуна», лесной массив микрорайона «Московский»; пос. Чёнки – лесной массив вокруг поселка.

Для сбора личинок кровососущих комаров использовали стандартный водный сачок (закругленно-конической формы, диаметр 20 см, глубина 35 см, длина ручки 1 м, материал – марля в два слоя). Полупогруженным сачком проводили 2–3 м вдоль поверхности воды, затем сачок поворачивали на 180°, погружая на глубину 10–15 см, и проводили обратно по линии первого отлова. Сбор преимагинальных стадий кровососущих комаров осуществлялся в водоемах естественного и искусственного происхождения с различной степенью затененности. Для учета нападающих комаров использовали энтомологический сачок (диаметр 30 см, глубина 70 см) со съемными мешочками. Имаго отлавливали на уровне груди и колен горизонтальными движениями вправо-влево с секундными перерывами. Сбор всех подлетающих к учетчику комаров проводили в трех повторностях по 5 мин [13].

Учеты численности половозрелых иксодовых клещей проводили путем сбора на флаг из вафельной ткани размером 60×100 см. Передний край флага зашивали в виде кармана, в который вставляли легкое древко. Длину древка подбирали по росту учетчика. Поперек флага в 30 см друг от друга и от краев зашивали 2 складки, препятствующие сворачиванию ткани при учете. Флаг вели по траве паралельно ходу учетчика. Пройденное расстояние определяли путем подсчета заранее измеренных шагов. Регистрацию числа клещей, пойманных на орудие лова, вели по 25-метровым отрезкам [14]. Протяженность маршрута составляла 0,5–1,0 км (флаг/км). Фиксацию имаго иксодовых клещей проводили в 70%-ном этиловом спирте.

Сбор личинок и куколок мошек осуществляли в г. Гомеле в безымянном ручье, протекающем по территории биологического заказника местного значения «Мнемозина» и впадающем в озеро Белицкое.

Материал собирали вручную с поверхности погруженного в воду субстрата (камни, зеленые растения, антропогенный мусор и т.д.). Собранных насекомых фиксировали в 70%-ном этиловом спирте. Плотность водных стадий условно рассчитывали по количеству особей на проективную поверхность с пересчетом на 1 дм<sup>2</sup> субстрата. Определение проводили по определителю А.В. Янковского [17]. При оформлении списка видов мошек использовали современную систематику, приводимую в ежегодно обновляемом каталоге семейства *Simuliidae* [18].

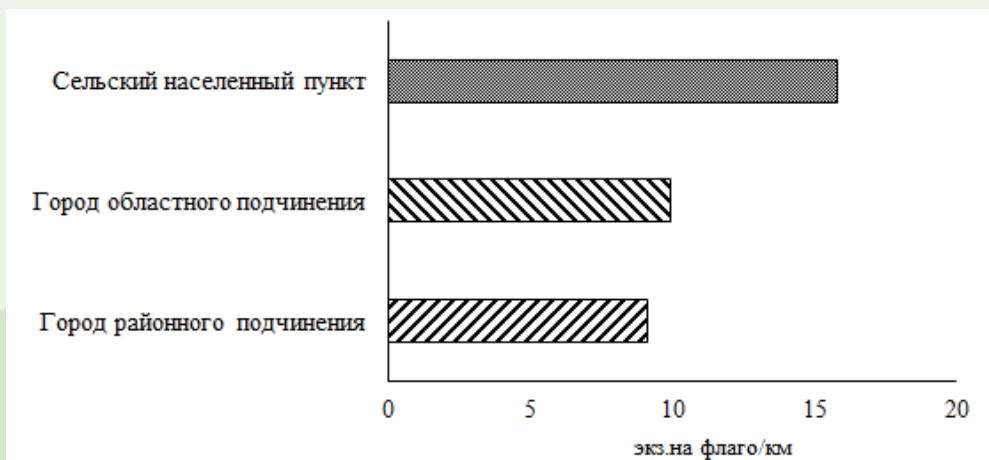
Для оценки видового разнообразия и обилия использовали общепринятые индексы: ИВ – индекс встречаемости в %, ИД – индекс доминирования в %, *Kj* – индекс сходства видового состава (коэффициент Жаккара), *H'* – индекс разнообразия Шеннонна, *E* – индекс выравненности Пиелу. Проверку данных на нормальность распределения проводили с помощью теста хи-квадрат ( $\chi^2$ ). Для оценки различий между анализируемыми выборками использовали дисперсионный анализ (ANOVA), попарные апостериорные сравнения производили с помощью критерия Тьюки, в случае несоответствия данных в сравниваемых выборках закону нормального распределения применяли непараметрический критерий Краскела-Уоллиса (Kruskal-Wallis H-test), попарные апостериорные сравнения производили с помощью критерия Манна-Уитни. Различия признавали статистически значимыми на уровне  $p<0,05$  [5]. В качестве описательных статистик для качественных показателей посчитаны средние±ошибки среднего. Объем собранного материала – 239 экз. иксodo-

вых клещей (имаго), 2240 экз. кровососущих комаров (личинки и имаго), 57 экз. мошек (личинки и куколки).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований на территории Гомельской области в населенных пунктах различной категории при учетах с растительности зарегистрировано 2 вида иксодовых клещей – *Ixodes ricinus* (Linnaeus, 1758) и *Dermacentor reticulatus* (Fabricius, 1794). *I. ricinus* регистрировался во всех населенных пунктах во всех сборах и составлял 70,7 % от общего количества собранных клещей. Средняя относительная численность имаго иксодид составляла 11,8±2,7 экз. на флаго/км. Наименьшее значение данного показателя отмечено на территории городов областного и районного подчинения и было примерно на одном уровне (9,9±3,6 и 9,1±4,2 экз. на флаго/км соответственно), тогда как в природных биотопах сельского населенного пункта был более чем в 1,5 раза выше (15,8±6,4 экз. на флаго/км) (рисунок 1).

Достаточно высокая относительная численности иксодовых клещей в городах связана, скорее всего, с тем, что на территориях крупных парков с хорошо развитым травянисто-кустарниковым ярусом, со слоем подстилки из листового и травянистого опада имеются микроклиматические условия, благоприятные для развития всех стадий иксодид. Антропогенное преобразование ландшафтов приводит к тому, что окраины городов с лесопарками и лесами оказываются рядом или в центре новых жилых массивов.



**Рисунок 1 – Относительная численность имаго иксодовых клещей в населенных пунктах различной категории Гомельской области Беларусь**

На этих территориях возникают благоприятные условия для обитания прокормителей личинок и нимф иксодовых клещей – мелких млекопитающих и птиц. Прокормителями взрослых клещей могут быть млекопитающие, которые встречаются в лесопарковых и парковых зонах городов и их окрестностях, а также собаки и кошки (в том числе бродячие). Следует отметить, что в парках, где степень благоустройства высока, где регулярно проводятся работы, включающие комплекс мероприятий по поддержанию в надлежащем состоянии данных территорий, иксодовых клещей не обнаружено.

При проведении исследований выявлено 19 видов кровососущих комаров, принадлежащих к 4 родам. Это составляет 45,2 % от фауны кровососущих комаров Беларуси [7, 20]. К роду *Aedes* (Meigen, 1818) относится 16 видов (84,2 %), к родам *Anopheles* (Meigen, 1818), *Culex* (Linnaeus, 1758) и *Coquillettidia* (Dyar, 1905) – по 1 виду (15,8 % соответственно).

На личиночной стадии развития отмечено 9 видов из 3 родов (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*), из них доминантными являлись 2 вида – *Aedes cinereus* (Meigen, 1818) (ИД 61,3) и *Aedes rossicus* (Dolbeskin, Gorickaja et Mitrofanova, 1930) (ИД 18,3); субдоминантными 3 – *Aedes annulipes* (Meigen, 1830) (ИД 7,2), *A. cantans* (Meigen, 1818) (ИД 6,8) и *Culex pipiens* (Linnaeus, 1758) (ИД 3,4); малочисленными 2 – *Anopheles maculipennis* (Meigen, 1818) (ИД 1,8), *Aedes excrucians* (Walker, 1856) (ИД 0,8), редкими 2 – *A. diantaeus* (Howard, Dyar et Knab, 1913) (ИД 0,1), *A. caspius* (Pallas, 1771) (ИД 0,1). Показатель численности личинок кровососущих комаров на территории области в среднем составил  $63,4 \pm 15,8$  экз./ $m^2$ .

На стадии имаго обнаружено 17 видов, относящихся к 3 родам (*Aedes*, *Culex*, *Coquillettidia*). По численности доминировали 2 вида – *Aedes cantans* (ИД 50,2) и *A. sticticus* (Meigen, 1838) (ИД 30,4), в группу субдоминантов вошли 3 вида – *Aedes riparius* (Dyar et Knab, 1907) (ИД 4,0), *A. excrucians* (ИД 2,8), *A. intrudens* (Dyar, 1919) (ИД 2,0). На долю малочисленных и редких видов (12) пришлось суммарно 10,8 % от общего числа особей – *Aedes punctor* (Kirby, 1837) (ИД 1,9), *A. ros-*

*sicus* (ИД 1,5), *A. annulipes* (ИД 1,4), *A. diantaeus* (ИД 1,4) *A. communis* (De Geer, 1776) (ИД 1,3), *A. hexodontus* (Dyar, 1916) (ИД 1,1), *A. cinereus* (ИД 0,9), *A. vexans* (Meigen, 1830) (ИД 0,5), *A. euedes* (Howard, Dyar et Knab, 1913) (ИД 0,3), *A. leucomelas* (Meigen, 1804) (ИД 0,2), *Coquillettidia richiardii* (Ficalbi, 1889) (ИД 0,2), *Culex pipiens* (ИД 0,1). Средний показатель численности имаго кровососущих комаров на территории области составил  $20,3 \pm 5,1$  экз./учет.

На двух стадиях развития обнаружено 7 видов, только на стадии личинки – 2 (*Anopheles maculipennis*, *Aedes caspius*), только на стадии имаго – 10 (*Aedes vexans*, *A. communis*, *A. euedes*, *A. hexodontus*, *A. intrudens*, *A. leucomelas*, *A. punctor*, *A. riparius*, *A. sticticus*, *Coquillettidia richiardii*).

На территории города областного подчинения (г. Гомель) выявлено 15 видов кровососущих комаров из 3 родов (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*), города районного подчинения (г. Добруш) обнаружено 19 видов кровососущих комаров из 4 родов (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Coquillettidia*), сельского населенного пункта (пос. Чёнки) – 9 видов, принадлежащих к роду *Aedes*.

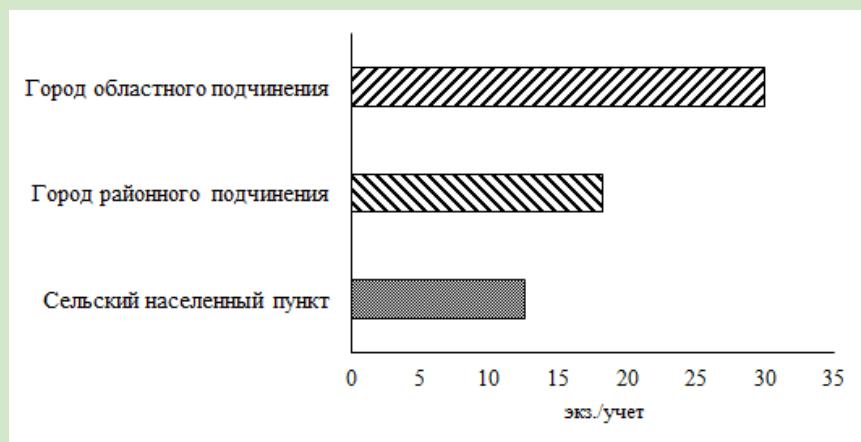
Сравнительный анализ видового состава показал, что наиболее близки в фаунистическом отношении город областного и районного подчинения ( $K_j=0,79$ ), наименее – город районного подчинения и сельский населенный пункт ( $K_j=0,47$ ). Только в городе районного подчинения отмечена встречаемость *Aedes leucomelas*, *A. euedes*, *A. caspius* и *Coquillettidia richiardii*. Виды *Culex pipiens* и *Aedes hexodontus* были отмечены только на территории городов областного и районного подчинения.

Проведено сравнение сообществ комаров в населенных пунктах различной категории по значениям индексов видового разнообразия. Значения индекса Шеннона были близки для всех населенных пунктов. Наибольшее разнообразие отмечено для города районного подчинения –  $H'=2,6$ , наименьшее – для города областного подчинения ( $H'=2,4$ ). Для сельского населенного пункта данный показатель составил 2,5. По сравнению с городскими территориями сельский населенный пункт характеризовался более выравненным количественным составом кровососущих ко-

маров: индекс Пиелу здесь выше и равен 0,79 (для города областного и районного подчинения – по 0,62). Это обусловлено большим числом доминирующих (4) и субдоминирующих (3) видов в сборах кровососущих комаров на территории сельского населенного пункта.

В ходе исследований выявлены значимые различия видового богатства (ANOVA,  $F=5,12$ ,  $df=25,4$ ,  $p=0,01$ ) и среднесезонного показателя численности имаго (Kruskal-Wallis  $H$ -test=13,19,  $p=0,001$ ) кровососущих комаров в зависимости от кате-

гории населенного пункта. Так, статистически значимо по видовому богатству от городских населенных пунктов отличается сельский населенный пункт, тогда как между городскими территориями областного и районного подчинения значимых различий не выявлено. Максимальный показатель численности имаго ( $30,0 \pm 12,0$  экз./учет) отмечен в городе областного подчинения, что в 2,4 раза выше, чем в сельском населенном пункте ( $12,6 \pm 4,5$  экз./учет) и в 1,6 раза – чем в городе районного подчинения ( $18,2 \pm 5,0$  экз./учет) (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Относительная численность имаго кровососущих комаров в населенных пунктах различной категории Гомельской области Беларусь**

Для всех исследованных территорий обычными видами были *Aedes cantans*, *A. sticticus*, *A. cinereus* и *A. rossicus*. *Aedes cantans* – это один из наиболее массовых синантропных видов на территории Беларусь, активно нападающий на человека и домашних животных. Отличается высокой степенью приспособляемости к городским условиям среды и предпочитающий селиться вблизи населенных пунктов [10]. Отмечался в качестве переносчика вирусов Западного Нила, Тагиня, Синдбис. Является переносчиком микрофилиарий рода *Dirofilaria* (Railliet et Henry, 1911). Может участвовать в передаче возбудителя туляремии [1, 15, 20]. *Aedes sticticus* предпочитает селиться в водоемах открытого типа, расположенных вблизи населенных пунктов, нападает в значительном количестве на человека и животных. Отмечался как переносчик вируса Тагиня, лимфоцитарного хориоменингита. Способен к передаче возбудителя туляремии и дирофилиарии [1, 15, 20]. *A. cinereus* – один из наиболее массо-

вых видов в фауне кровососущих комаров Беларусь. Самки активно нападают на человека в парках, лесопарках, возле примыкающих к ним жилых домов. Отмечен как переносчик туляремии, вируса клещевого энцефалита, вирусов Западного Нила, Синдбис, Тагиня, иксодового клещевого боррелиоза [1, 3, 20]. *Aedes rossicus* нападает на человека в течение всего дня и является потенциальным переносчиком туляремии, также была установлена зараженность данного вида микрофилиариями рода *Dirofilaria* [15].

В небольшом пересыхающем ручье без названия, протекающем по территории биологического заказника местного значения «Мнемозина» (г. Гомель), отмечен вы瀛од 3 видов мошек, относящихся к 2 подродам рода *Simulium* (Latreille, 1802): *Simulium (Eusimulium) aureum* (Fries, 1824), *S. (Simulium) noelleri* (Friederichs, 1920) и *S. (S.) ornatum* (Meigen, 1818). Доминирующими видами являлись *S. (E.) aureum* (ИД 68,4) и *S. (S.) noelleri* (ИД 26,3). Средняя

численность преимагинальных стадий развития мошек в исследованном водотоке составила  $19,0 \pm 9,6$  экз./дм<sup>2</sup>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на территории Гомельской области в населенных пунктах различной категории зарегистрировано 2 вида иксодовых клещей – *Ixodes ricinus* и *Dermacentor reticulatus*. Средняя относительная численность имаго иксодид составила  $11,8 \pm 2,7$  экз. на флаго/км. На территории города областного подчинения данный показатель был более чем в 1,5 раза ниже, чем на территории сельского населенного пункта.

Установлено обитание 19 видов кровососущих комаров, принадлежащих к 4

родам (род *Aedes* – 16 видов (84,2 %), рода *Anopheles*, *Culex*, *Coquillettidia* – по 1 виду (15,8 % соответственно). Сравнительный анализ видового состава показал, что наиболее близки в фаунистическом отношении оказались город областного и районного подчинения ( $K_j=0,79$ ), наименее – город районного подчинения и сельский населенный пункт ( $K_j=0,47$ ). Средняя относительная численность имаго кровососущих комаров составила  $20,3 \pm 4,9$  экз./учет.

В обследованном водотоке на территории г. Гомель выявлено обитание 3 видов мошек из 2 подродов (*Eusimulium* и *Simulium*) рода *Simulium*. Средняя относительная численность личинок и куколок мошек составила  $19,0 \pm 9,6$  экз./дм<sup>2</sup>.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богачёва, А. С. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) как переносчики дирофилиарий (Spirurida: Onchocercidae), патогенных для человека : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.05 / А. С. Богачёва. – М., 2020. – 158 с.
2. Здоровье населения и окружающая среда Гомельской области: мониторинг достижения целей устойчивого развития : бюллетень. [Электронный ресурс] / ГУ «Гомельский областной ЦГЭиО». – Гомель, 2023. – Режим доступа: <https://гомельоблсанэпид.бел/wp-content/uploads/2023/10/byulleten-czur-gomelskaya-obl-v-2023.pdf>. – Дата доступа: 10.01.2024.
3. Векторный компонент природного очага трансмиссивных инфекций в дельте Дона / М. В. Забашта [и др.] // Национальные приоритеты России. – 2016. – № 2 (20). – С. 33–38.
4. Географическое положение Гомельской области [Электронный ресурс] / Официальный сайт Гомельской областной исполнительный комитет. – Режим доступа: <https://gomel-region.by/ru/geographic-ru/>. – Дата доступа: 10.01.2024.
5. Городничев, Р. М. Методы экологических исследований. Основы статистической обработки данных: учеб.-метод. пособие / сост. Р. М. Городничев [и др.]. – Якутск : СВФУ, 2019. – 94 с.
6. Дороженкова, Т. Е. Клещевые инфекции: учебно-методическое пособие / Т. Е. Дороженкова, И. А. Раевская, Г. Н. Чистенко. – Минск : БГМУ, 2020. – 52 с.
7. Кариотипический состав и хромосомная изменчивость полиморфных видов малярийных комаров (Diptera, Culicidae) г. Минска / Д. Н. Логинов [и др.] // Актуальные проблемы охраны животного мира в Беларуси и сопредельных регионах: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11–14 октября 2022 г. / ГНПО НПЦ НАН Беларусь по биоресурсам; редкол.: А. В. Кулак [и др.]. – Минск : А. Н. Вараксин, 2022. – С. 263–266.
8. Некоторые эпидемиологические аспекты инфекций, передающихся иксодовыми клещами, на территории мегаполиса / Я. Д. Янковская [и др.] // Архив внутренней медицины. – 2017. – № 7 (6). – С. 423–432. – <https://doi.org/10.20514/2226-6704-2017-7-6-423-432>.
9. О зараженности кровососущих комаров (Diptera; Culicidae) личинками дирофилиарий (Spirurida, Onchocercidae) в городе Томске / Н. В. Полторацкая [и др.] // Медицинская паразитология и паразитарные болезни. – 2018. – № 3. – С. 10–15.
10. Панюкова, Е. В. Видовой состав и экологические особенности кровососущих комаров рода *Ochlerotatus* (группы видов *cantans* и *dorsalis*) (Diptera: Culicidae) Новгородской области / Е. В. Панюкова, С. Г. Медведев // Паразитология. – 2006. – № 40 (6). – С. 512–526.
11. Сложившаяся ситуация в Гомельской области по клещевым инфекциям на 01.08.2023 [Электронный ресурс] / ГУ «Гомельский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья»: официальный сайт. – Режим доступа: <https://гомельоблсанэпид.бел/>. – Дата доступа: 10.01.2024.
12. Топорков, А. В. Лихорадка Западного Нила как актуальная угроза здоровью: история изучения и меры профилактики в России / А. В. Топорков, Е. В. Путинцева, С. К. Удовиченко // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3. – С. 138–149.

13. Трухан, М. Н. Методы сбора и учета кровососущих двукрылых насекомых / М. Н. Трухан, Н. В. Терешкина, В. М. Каплич // Обзорная информация. Серия 87.27.07. Охрана животных. – Минск, БелНИИНТИ, 1991. – 36 с.
14. Филиппова, Н. А. Таежный клещ *Ixodes persulcatus* Schulze (Acarina, Ixodidae): морфология, систематика, экология, медицинское значение / Н. А. Трухан. – Л. : Наука, 1985. – 416 с.
15. Шулешко, Т. Кровососущие комары (Diptera: Culicidae) Республики Молдова: эколого-фаунистический обзор и эпидемиологическое значение / Т. Шулешко, И. К. Тодераши, А. А. Мовилэ // *Buletinul ASM. Stiintele vietii.* – 2011. – № 2 (314). – С. 19–34.
16. Эпидемический процесс клещевого энцефалита в Республике Беларусь с 1995 по 2022 год / О. Н. Ханенко [и др.] // Медицинские новости. – 2023. – № 5. – С. 47–50.
17. Янковский, А. В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) / А. В. Янковский. – СПб. : ЗИН РАН, 2002. – 570 с.
18. Adler, P. H. World black flies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory [2022] / P. H. Adler. – New York : Cornell Univ. Press, 2022. – 145 p.
19. Marques, A. R. Comparison of Lyme Disease in the United States and Europe / A. R. Marques, F. Strle, G. P. Wormser // *Emerg Infect Dis.* – 2021. – Vol. 27, iss. 8. – P. 2017–2024.
20. Suslo, D. S. The Mosquito Fauna (Diptera, Culicidae) of Belarus / D. S. Suslo // *Entomological Review.* – 2020. – Vol. 100. – P. 1272–1285.



# ВироКолиВак

вакцина инактивированная для профилактики  
рота- и коронавирусной инфекции, вирусной диареи  
и колибактериоза КРС

для  
специфической  
профилактики ассоциированных  
вирусно-бактериальных  
энтеритов молодняка  
крупного рогатого  
скота

вызывает  
выработку антибактериальных  
антител в титре  $5,4\text{--}6,2 \log_2$ ,  
противовирусных –  
 $4,2\text{--}4,8 \log_2$

профилактическая  
эффективность –  
92,86–93,75 %



[WWW.BIEVM.BY](http://WWW.BIEVM.BY)

Полоз С.В., кандидат ветеринарных наук, доцент<sup>1</sup>

Дегтярик С.М., кандидат биологических наук, доцент<sup>1</sup>

Слободницкая Г.В., кандидат сельскохозяйственных наук<sup>1</sup>

Стрельчены И.И., кандидат ветеринарных наук, доцент<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РУП «Институт рыбного хозяйства» РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышеселского», г. Минск, Республика Беларусь

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РЫБ К ЗАРАЖЕНИЮ ПАРАЗИТАМИ ПРИ СТРЕССОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

### Резюме

Результаты исследований показали, что повышение температуры водной среды на 10 °C можно отнести к повреждающим стресс-факторам, которые также влияют на резистентность стерляди *Acipenser ruthenus*. Исследования показали наличие изменений в поведении и резистентности рыб при заражении *Trichodina sp.* Отмечается избыточное выделение слизи на поверхности тела рыб и помутнение воды в аквариуме. В результате исследований установлено, что в крови рыб уровень кортизола в опытной группе с предварительным воздействием повышения температуры водной среды был выше в 3,55 раза ( $p<0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. Уровень белка сыворотки крови снижается на 28,36 % ( $p<0,05$ ). Установлено повышение активности лизоцима в 2 раза ( $p<0,05$ ). Уровень фагоцитарной активности лейкоцитов крови снижается на 19 % ( $p<0,05$ ). При оценке устойчивости *Acipenser ruthenus* к заражению паразитами необходимо учитывать наличие факторов стрессового воздействия, которые определяют степень повреждающего фактора и играют важную роль в формировании адаптационных процессов.

**Ключевые слова:** стерлядь, триходини, заражение, стресс, резистентность.

### Summary

The research results showed that an increase in the temperature of the aquatic environment by 10 °C can be attributed to damaging stress factors, which also affect the resistance of sterlet *Acipenser ruthenus*. Studies have shown changes in the behavior and resistance of fish when infected with *Trichodina sp.* There is excessive secretion of mucus on the surface of the fish's body and cloudiness of the water in the aquarium. As a result of the research, it was found that the level of cortisol in the blood of fish in the experimental group with preliminary exposure to an increase in the temperature of the aquatic environment by 10 °C was 3,55 times higher ( $p<0,05$ ) compared to the control group. Serum protein levels decrease by 28,36 % ( $p<0,05$ ). A 2-fold increase in lysozyme activity was established ( $p<0,05$ ). The level of phagocytic activity of blood leukocytes decreases by 19 % ( $p<0,05$ ). When assessing the resistance of *Acipenser ruthenus* to infection by parasites, it is necessary to take into account the presence of stress factors that determine the degree of the damaging factor and play an important role in the formation of adaptation processes.

**Keywords:** sterlet, trichodins, infection, stress, resistance.

Поступила в редакцию 02.05.2024 г.

## ВВЕДЕНИЕ

В процессе эволюционного развития паразиты, в отличие от вирусов и бактерий, выработали ряд механизмов уклонения от контроля иммунной системы хозяина. Так, простейшие характеризуются высокой изменчивостью поверхностных антигенов в процессе паразитирования у одного хозяина. Кровепаразиты могут размножаться в присутствии антител [4]. Иммунитет при паразитозах «нестерильный» и обеспечивается латентным персистированием паразитов. При инвазированном простейшими основными эффекторами противопаразитар-

ного иммунитета являются эозинофилы, которые с помощью низкоафинных рецепторов прикрепляются к антителу, связанному с паразитом. Они изменяются и выделяют интерлейкины, CRB, пероксидазу, анионы супероксида, которые лизируют кутикулу паразита. В результате формируются клеточные инфильтраты по типу поздней фазы аллергии немедленного типа с накоплением тучных клеток, эозинофилов и псевдоэозинофилов, Т-хеллеров, вновь выделяющих цитокины и ферменты, что обеспечивает разрушение паразитов.

В условиях аквакультуры особенное значение приобрела проблема стресса. Это связано с современной интенсификацией рыбоводства, т.е. с максимальным использованием площадей прудов, применением концентрированных кормов, поддержанием оптимального гидрохимического состава водной среды, а также автоматизацией и механизацией производственных процессов. Однако иногда используемая технология не отвечает условиям обеспечения жизнедеятельности организма, и рыба вынуждена адаптироваться к ним, активируя все основные физиологические системы. При этом в большинстве случаев развитие состояния стресса сопровождается снижением продуктивности и ухудшением качества продукции.

Приспособление организма к постоянно действующим факторам окружающей среды проходит в процессе всего онтогенеза и осуществляется с помощью различных нейрогуморальных механизмов. В ответ на воздействие наиболее сильных неблагоприятных факторов среды в организме развиваются особые адаптационные процессы, характеризующиеся как стресс. Установлено, что в условиях интенсивного ведения животноводства, в том числе рыбоводства, явления стресса стали регистрироваться чаще, чем болезни. Состояние стресса приводит к определенным изменениям клеточных и гуморальных факторов иммунной защиты, устойчивости организма к различным факторам внешней среды.

Факторы внешней среды, способные вызывать у рыб стресс, могут быть объединены в несколько групп: физические – повышение или понижение температуры водной среды (резкое или постепенное, особенно более чем на 10 °C), что приводит к снижению продуктивности, резкому ослаблению иммунной защиты, снижению устойчивости; химические – снижение содержания кислорода в водной среде, повышение разнообразных химических соединений также неблагоприятно отражается на развитии молоди рыб и продуктивности взрослых, восприимчивости и инфекциям; неграмотное применение антибактериальных препаратов, которые подавляют развитие полезной микрофлоры кишечника, нарушают функции печени; биологические – возбудители инфекционных и инвазионных заболеваний. Важными являются

также подбор видов рыб для выращивания в поликультуре с учетом их трофической и территориальной конкуренции, особенностей биологии и экологии; кормовые факторы – недокорм и перекорм, использование несбалансированных рационов. Комбикорма, дефицитные по набору аминокислот, витаминов, микро- и макроэлементов, энергии, вызывают у рыб стресс, проявляющийся в замедлении размерно-весовых показателей, снижении всех звеньев иммунной защиты и восприимчивости к инфекциям и инвазиям; технологические, транспортные, травматические – манипуляции при бонитировке (взвешивание, маркирование), а также ссадины и раны. Транспортировка и перемещение приводят к сильному потрясению, вызванному обловом, новыми условиями окружающей среды.

В условиях интенсивного выращивания рыб в больших сообществах на ограниченной площади действие стресс-факторов является кумулятивным.

Снижение факторов неспецифического клеточного и гуморального иммунитета приводит к уменьшению устойчивости и может вызвать инфицирование и инвазирование.

Анализ видового разнообразия паразитов осетровых рыб позволил выделить возбудителей, относящихся к группе наиболее высокого риска, как в естественных водоемах, так и в условиях аквакультуры. Отмечено, что при искусственном разведении в условиях аквакультуры в составе паразитофауны преобладают паразиты с прямым циклом развития, в т.ч. *Trichodina* sp. [8]. Ряд исследователей [3, 5, 7, 9, 10, 11, 12] подчеркивает, что осетров при искусственном выращивании поражают, как правило, широко специфичные паразиты, представленные в основном простейшими, моногенеями и ракообразными.

Наибольший риск для осетровых имеют инфузории из сем. *Trichodinidae* (класс *Oligohymenophora*, подкласс *Peritrichia*). Паразиты, относящиеся к этому семейству и паразитирующие у рыб, представлены pp. *Trichodina*, *Tripartiella*, *Trichodinella*, *Paratrichodina*, *Dipartiella*. При благоприятных условиях среды обитания инфузории массово поселяются на коже, жабрах и в обонятельных ямках рыб, быстро размножаются и вызывают патоло-

гические состояния, нередко с массовым отходом [6].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение устойчивости рыб к заражению патогенными инфузориями *Trichodina sp.* проводили на модельном виде *Acipenser ruthenus* (стерлядь) в трехкратной повторяемости. В качестве стресс-фактора выбрали резкое (на 12 °C) повышение температуры. Культуру *Trichodina sp.* получали от больных рыб. Заражение рыб групп № 1 и 2 проводили в дозе 500 экз. *Trichodina sp.* на аквариум. По принципу рандомных аналогов подобрали три группы молоди рыб (n=7 в каждой группе) и поместили их в аквариумы. Уровень кислорода в трех аквариумах поддерживали путем искусственной аэрации. До заражения рыбу группы № 1 трижды подвергали резкому воздействию повышения температуры водной среды. Рыба группы № 3 служила интактным контролем и заражению не подвергалась. После заражения наблюдение вели в течение 4 суток. Параметрический анализ (компрессионная микроскопия соскобов) проводили с поверхности тела и жабр рыбы. На 5-е сутки осуществляли отбор проб крови. Исследования проводили в трех повторностях.

Таблица 1 – Динамика заражения модельного вида рыб *Acipenser ruthenus* патогенными инфузориями *Trichodina sp.*

Группа	Показатели		
	локализация паразитов	экстенсивность инвазии, %	интенсивность инвазии, экземпляров (min-max)
	1-й день после заражения		
1	поверхность тела	71,43	9–27
2	поверхность тела	28,57	5–13
3	-	-	-
2-й день после заражения			
1	поверхность тела	95,23	12–23
2	поверхность тела	85,71	22–73
3	-	-	-
3-й день после заражения			
1	поверхность тела/жабры	100/33,33	47–152/9–17
2	поверхность тела	90,48	27–86
3	-	-	-
4-й день после заражения			
1	поверхность тела/жабры	100/76,19	32–172/11–28
2	поверхность тела/жабры	95,23/23,81	32–89/2–14
3	-	-	-

Сыворотку крови получали из сердца с последующим центрифугированием. Уровень общего белка определяли с помощью рефрактометра согласно инструкции по применению. Показатели кортизола устанавливали методом иммуноферментного анализа, используя диагностические наборы.

Моделирование процессов в организме в быстро меняющихся условиях среды – сложная задача [1]. Однако можно использовать реакцию организма в качестве оценки устойчивости к влиянию среды и ее компонентов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования показали наличие изменений в поведении рыб после заражения. Регистрировали снижение двигательной активности, отсутствие реакции на внешние раздражители. Отмечали избыточное выделение слизи на поверхности тела рыб и помутнение воды в аквариуме. В группе рыб, подвергшихся предварительному воздействию резкого повышения температуры, данные изменения носили более выраженный характер. Динамика заражения рыб модельного вида *Acipenser ruthenus* патогенными инфузориями *Trichodina sp.* отражена в таблице 1.

Результаты собственных исследований показали, что резкое повышение температуры водной среды является стрессовым фактором. При этом у инвазированных рыб регистрировали изменение уровня кортизола (таблица 2) и уровня белка сыворотки крови (таблица 3).

В результате исследований установлено, что на 5-й день экспериментального инвазирования в крови рыб уровень корти-

зала в опытной группе № 2 был выше, чем в контрольной (№ 3), и составил  $74,33 \pm 14,65$  и  $61,19 \pm 14,71$  нмоль/л соответственно. Повышение данного показателя в опытной группе № 1 с предварительным воздействием повышения температуры водной среды на  $10^{\circ}\text{C}$  перед инвазированием было гораздо значительнее и составило 3,55 раз ( $p < 0,05$ ).

Таблица 2 – Уровень кортизола в сыворотке крови *Acipenser ruthenus* (экспериментальное исследование)

Показатель	Кортизол, нмоль/л		
	группа		
	№ 1	№ 2	№ 3
M	217,45	74,33	61,19
m	5,69	14,65	14,71
Статистическая значимость	*		

Примечание – M – среднее; m – стандартное отклонение; \* $p < 0,05$

Полученные данные согласуются с выводом С.В. Schreck (2010) о важной роли стрессовых факторов для аквакультуры [2]. Также мы регистрировали изменение показателей белка сыворотки крови (таблица 3). Результаты исследований показали, что на 5-й день экспериментального инвазирования в крови рыб уровень белка сыворотки крови в опытной группе № 2 ниже на 11,1 %

( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной (№ 3), в которой этот показатель составил  $25,32 \pm 3,61$  г/л. Однако предварительное воздействие повышения температуры водной среды на  $10^{\circ}\text{C}$  перед инвазированием приводит к более глубоким нарушениям, при этом уровень белка сыворотки группе № 1 снижается на 28,36 % ( $p < 0,05$ ) по сравнению с контрольной группой.

Таблица 3 – Уровень белка сыворотки крови *Acipenser ruthenus* (экспериментальное исследование)

Показатель	Белок сыворотки крови, г/л		
	группа		
	№ 1	№ 2	№ 3
M	18,14	22,52	25,32
m	2,51	3,3	3,61
Статистическая значимость	*	*	

Примечание – M – среднее; m – стандартное отклонение; \* $p < 0,05$

В результате исследований наблюдали реакцию организма на инвазию со стороны лизоцимной активности сыворотки крови. Так, на 5-й день экспериментального инвазирования *Trichodina sp.* в сыворотке крови рыб активность лизоцима в опытной

группе № 2 была выше, чем в контрольной (№ 3), и составила  $24,38 \pm 5,15$  и  $17,52 \pm 4,91$  % соответственно. Также установлено повышение активности лизоцима в опытной группе № 1 в 2 раза по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ) (таблица 4).

Таблица 4 – Уровень лизоцимной активности сыворотки крови *Acipenser ruthenus* (экспериментальное исследование)

Показатель	Лизоцимная активность сыворотки крови, %		
	группа		
	№ 1	№ 2	№ 3
M	35,43	24,38	17,52
m	10,36	5,15	4,91
Статистическая значимость	*	*	

Примечание – M – среднее; m – стандартное отклонение; \*  $p<0,05$

Клеточная резистентность включает фагоцитарную активность лейкоцитов крови рыб. Установлено, что на 5-й день экспериментального инвазирования в крови рыб уровень фагоцитарной активности лейкоцитов крови в опытной группе № 2 ниже на 14,7 % ( $p<0,05$ ) по сравнению с контрольной (№ 3), в которой этот показатель соста-

вил  $25,0\pm5,45$  %. В группе с предварительным воздействием повышения температуры водной среды на 10 °C перед инвазированием наблюдаются более глубокие нарушения, при этом уровень фагоцитарной активности лейкоцитов крови рыб группы № 1 снижается на 19 % ( $p<0,05$ ) по сравнению с контрольной группой.

Таблица 5 – Уровень фагоцитарной активности лейкоцитов крови *Acipenser ruthenus* (экспериментальное исследование)

Показатель	Фагоцитарная активность лейкоцитов крови, %		
	группа		
	№ 1	№ 2	№ 3
M	20,24	21,33	25,0
m	6,04	4,72	5,45
Статистическая значимость	*	*	

Примечание – M – среднее; m – стандартное отклонение; \*  $p<0,05$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований показали, что повышение температуры водной среды можно отнести к повреждающим стресс-факторам, которые влияют на резистентность стерляди *Acipenser ruthenus*. Исследования установили наличие изменений в поведении и резистентности рыб при заражении *Trichodina sp*. Отмечается избыточное выделение слизи на поверхности тела рыб и помутнение воды в аквариуме. В результате исследований выявлено, что в крови рыб уровень кортизола в опытной группе с предварительным воздействием повышения температуры водной среды на 10 °C был

выше в 3,55 раза ( $p<0,05$ ) по сравнению с контрольной группой. Уровень белка сыворотки крови снижается на 28,36 % ( $p<0,05$ ). Установлено повышение активности лизоцима в 2 раза ( $p<0,05$ ). Уровень фагоцитарной активности лейкоцитов крови снижается на 19 % ( $p<0,05$ ). Поэтому при оценке устойчивости *Acipenser ruthenus* к заражению паразитами необходимо учитывать наличие факторов стрессового воздействия, которые определяют степень повреждающего фактора и играют важную роль в формировании адаптационных процессов.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Deep learning habitat modeling for moving organisms in rapidly changing estuarine environments: A case of two fishes / G. Guénard [et al.] // Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2020. – Vol. 238. – P. 106713.
2. Schreck, C. B. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis / C. B. Schreck // General and Comparative Endocrinology, 2010. – Vol. 165, № 3. – P. 549–556.
3. Астахова, Т. В. Паразиты и болезни молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) Каспийского моря на первом году жизни : сб. науч. тр. ВНИИПРХ / Т. В. Астахова. – 1979. – Вып. 23. – С. 172–188.
4. Бирман, Б. Я. Иммунодефицит у птиц: практик. пособие / Б. Я. Бирман, И. Н. Громов. – Минск : УП «Бизнесосет», 2001. – С. 62–78.
5. Богданова, Е. А. Паразиты и инвазионные болезни лососевых и сиговых в рыбоводных хозяйствах / Е. А. Богданова ; под ред. д-ра биол. наук Н. А. Изюмовой. – Л. : Известия ГосНИОРХ, 1977. – Т. 120. – 161 с.
6. Болезни рыб: справочник / Г. В. Васильков [и др.]; под ред. В. С. Осетрова. – М. : Агропромиздат, 1989. – С. 116–122.
7. Иванов, В. П. Паразитофауна осетровых рыб при естественном и искусственном их воспроизводстве в измененной Волге : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10 / В. П. Иванов. – Волгоград, 1968. – 20 с.
8. Казарникова, А. В. Основные заболевания осетровых рыб в аквакультуре / А. В. Казарникова, Е. В. Шестаковская. – М. : ВНИРО, 2005. – 104 с.
9. Нечаева, Н. Л. Паразитофауна и паразитарные болезни молоди осетра и севрюги, выращиваемой в бассейнах и прудах : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.19 / Н. Л. Нечаева : Моск. техн. ин-т рыбной пром-сти и хозяйства им. А. И. Микояна. – М., 1953. – 18 с.
10. Сыроватка, Н. И. Эпизоотология основных заболеваний осетровых рыб Азовского бассейна / Н. И. Сыроватка, Е. В. Шестаковская / Роль молодых ученых и специалистов, членов НТО, в реализации Продовольственной программы: тез. докл. II обл. науч.-практик. конф. молодых ученых и специалистов в г. Зернограде, 13–14 августа 1982 г. / Всерос. науч.-исслед. проект.-технол. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва (ВНИПТИМЭСХ) ; [сост. В. Ф. Бирман и др.]. – Зерноград, 1982. – С. 44–26.
11. Чугалинская, Л. О. Паразиты и болезни рыб, выращиваемых в садках на теплых водах Краснодарской ТЭЦ / Л. О. Чугалинская, В. С. Сулейманян // Материалы Всес. науч. конф. по интенсификации рыбоводства во внутренних водоемах Северного Кавказа, Ростов-на-Дону, 1979 г. – М., 1979. – С. 266–268.
12. Шестаковская, Е. В. Паразиты и заболевания осетровых рыб на рыбоводных хозяйствах Азовского бассейна / Е. В. Шестаковская, Т. В. Стрижакова, А. В. Казарникова // Рыбное хозяйство. Сер. Болезни гидробионтов в аквакультуре / Аналит. и реф. информ. – М. : ВНИЭРХ, 2000. – С. 25–32.

**ПРАЗИФЕН**

ПРЕПАРАТ ВЕТЕРИНАРНЫЙ

применяется для дегельминтизации  
прудовых карповых рыб при диплостоматидозе,  
постдиплостомозе, сангвинниковозе,  
тетракотилезе, лигулезе, кавиозе,  
кариофиллезе, ботриоцефалезе,  
филометроидозе и скрябилюнозе



WWW.BIEVM.BY

Николаевич Л.Н., кандидат биологических наук, доцент  
Згировская А.А., кандидат биологических наук

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

## ЦИТОПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА КАРОТИНОИДОВ В УСЛОВИЯХ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНИЗМ

### Резюме

Проведены исследования по изучению раздельного и сочетанного действия ликопина и  $\beta$ -каротина на фоне экспозиции нитрата свинца на апоптоз клеток различной функциональной специализации в организме. Показано, что ликопин оказывает более выраженное цитопротекторное действие по сравнению с  $\beta$ -каротином, а при сочетанном их действии наблюдается кумулятивный эффект. Цитопротекторные свойства ликопина проявляются в клеточных популяциях различной специализации (кровь, костный мозг, thymus, селезенка) в условиях экспозиции нитратом свинца и выражаются в снижении уровня гибели клеток по механизму апоптоза.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, каротиноиды, ликопин,  $\beta$ -каротин, кровь, костный мозг, селезенка, thymus.

### Summary

Studies were conducted to study the separate and combined effects of lycopene and  $\beta$ -carotene against the background of exposure of lead nitrate to apoptosis of cells of various functional specialization in the body. It has been shown that lycopene has a more pronounced cytoprotective effect compared to  $\beta$ -carotene, and with their combined effect, a cumulative effect is observed. Cytoprotective properties of lycopene are manifested in cell populations of different specialization (blood, bone marrow, thymus, spleen) under the conditions of exposure to lead nitrate and are expressed in reducing the level of cell death by the mechanism of apoptosis.

**Keywords:** heavy metals, carotenoids, lycopene,  $\beta$ -carotene, blood, bone marrow, spleen, thymus.

Поступила в редакцию 15.02.2024 г.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время экологические проблемы охватили большинство основных производственных отраслей, в том числе и сельское хозяйство. Все больше вредных веществ выбрасывается с антропогенной деятельностью человека в окружающую среду, и, как следствие, происходит загрязнение продукции животноводства. Тяжелые металлы, обладая высокой токсичностью, имеют способность накапливаться в почве, растениях и в опасных концентрациях по пищевым цепям поступать в организм человека. Наиболее опасными признаны такие микроэлементы, как свинец, ртуть, кадмий, мышьяк, цинк, никель. Тяжёлые металлы, попадая в живой организм и вступая во взаимодействие с ферментами, подавляют их активность. Особенно опасны тяжёлые металлы из-за их способности к биоаккумуляции, т.е., накапливаясь в организме, они создают повышенную концентрацию [1]. Напри-

мер, пагубное действие избытка свинца на организм животного выражается в нарушении пищеварительной функции, резорбтивном эффекте в отношении клеток поджелудочной железы, нарушении нейровегетативных процессов, прогрессировании вегетососудистой дистонии, увеличении частоты сердечно-сосудистых заболеваний, ускорении старения сердца, обмена кальция. Кроме того, являясь антагонистом железа, свинец нарушает обмен гемоглобина, вызывая анемию, не связанную с дефицитом железа [2]. Наиболее чувствительны к соединениям свинца крупный рогатый скот, собаки, овцы, птицы, менее – лошади. Свинец накапливается в костях, головном мозге и паренхиматозных органах.

Следовательно, одним из инновационных направлений ветеринарной науки является применение каротиноидов в качестве фармакологической защиты генома соматических клеток в условиях поступле-

ния тяжелых металлов в организм животных. Критерием эффективности веществ с протекторными свойствами может быть снижение апоптотической гибели клеток в тканях организма.

После открытия феномена апоптоза и подтверждения экспериментальными данными его универсальности стало очевидным, что это явление может иметь прямое или опосредованное отношение к патогенезу широкого спектра заболеваний [3].

Из каротиноидов наибольшее внимание в настоящее время привлекают ликопин и β-каротин, которые являются мощными антиоксидантами [4]. Полипотентность ликопина объясняется множеством функций, которые он выполняет в организме человека. С одной стороны, является жирорастворимым антиоксидантом, который препятствует свободно-радикальному окислению липопротеидов, липидов в составе биомембран, обеспечивая тем самым нормальное функционирование ферментов и белков-переносчиков. Циркулируя в кровотоке в составе антиатерогенных липопротеидов низкой плотности, ликопин предотвращает образование модифицированных (наиболее атерогенных) липопротеидов и нормализует уровень холестерина в кровотоке, тормозя таким образом развитие склероза сосудов и обусловленных этим заболеваний. Многие каротиноиды увеличивают свою антиоксидантную активность при совместном действии с другими веществами, особенно с витаминами С и А. Например, ликопин имеет более высокую защитную активность при употреблении совместно с витаминами Е и С. Кроме того, в литературе отсутствуют данные о взаимодействии ликопина с другими каротиноидами, в частности с β-каротином.

Цель работы – изучение раздельного и сочетанного действия ликопина и β-каротина на фоне экспозиции нитрата свинца на апоптоз клеток различной функциональной специализации в организме экспериментальных животных.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Национальной академии наук Беларусь.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на 190 крысах (самцы и самки) линии Wistar воз-

раста 2,5–3 месяцев средней массой 200 г. Животных содержали при 12-часовом световом режиме, на стандартном брикетированном корме, при свободном доступе к воде (экспериментально-биологическая клиника ИФБ НАН Беларусь). В экспериментах использовали 10%-ную суспензию ликопина и 30%-ную суспензию β-каротина на кукурузном масле («DSM Nutritional Products Ltd», France).

Ликопин вводили животным в дозах 0,07; 0,14 и 0,36 мг/кг/сутки (общие дозы – 1; 2 и 5 мг/кг ликопина соответственно), β-каротин – в дозе 1,07 мг/кг/сутки (общая доза составляла 15 мг/кг). Растворы ликопина, β-каротина и нитрата свинца вводили перорально зондом внутрижелудочно в течение 14 дней. Суспензии различных концентраций каротиноидов готовились непосредственно перед введением. В качестве мутагена использовали тяжелые металлы, в частности нитрат свинца. Нитрат свинца вводили в дозе 80 мг/кг в течение всего эксперимента, т.е. каждое животное весом 200 г получало 1 мг солей свинца в сутки ( $LD_{50}$  для крысы – 93 мг/кг). Контрольные животные получали кукурузное масло. Образцы проб ДНК клеточных популяций костного мозга, крови, тимуса и селезенки были проанализированы методом проточной цитофлуориметрии на Cytomics FC 500 (Beckman Coulter, USA). Клеточные суспензии костного мозга, крови, тимуса и селезенки пропускали через капроновые фильтры. Пробирки центрифугировали в течение 5 мин при 1000 об/мин. Надосадочную жидкость отбирали до объема 1 мл в пробирке, после ресуспензирования осадка для пробы отбирали 200 мкл суспензии клеток, к которой добавляли 1 мл лизирующего раствора (Simultest IMK Plus™, USA). Клетки подвергались лизису в течение 10 мин. После центрифугирования в течение 5 мин при 1500 об/мин удаляли надосадочную жидкость, осадок ресуспензировали в фосфатном буфере. Пробы отмывали трижды, фиксировали 70%ным этанолом и хранили при температуре  $-20^{\circ}\text{C}$ . Перед анализом на приборе пробы ДНК отмывали от фиксатора фосфатным буфером, осадок ресуспензировали, добавляли 10 мкл РНКазы (10 мг/мл) и 200 мкл красителя этидиум бромида (50 мкг/мл). Пробы инкубировали в течение 30–40 мин

в темном месте и затем анализировали на проточном цитофлуориметре.

Клетки костного мозга, крови, тимуса и селезенки дифференцировали по количеству ДНК – диплоидные ( $2n2c$ ), тетраплоидные ( $2n4c$ ) и гиподиплоидные (апоптотические) (менее  $2n2c$ ). Уровень генетического апоптоза оценивали по частоте апоптотических клеток.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием пакета статистики Microsoft Excel 2003Pro. Для определения достоверности изменений использовали t-критерий Стьюдента (с учетом дисперсии). Статистически значимыми считали различия при значении  $p < 0,05$ .

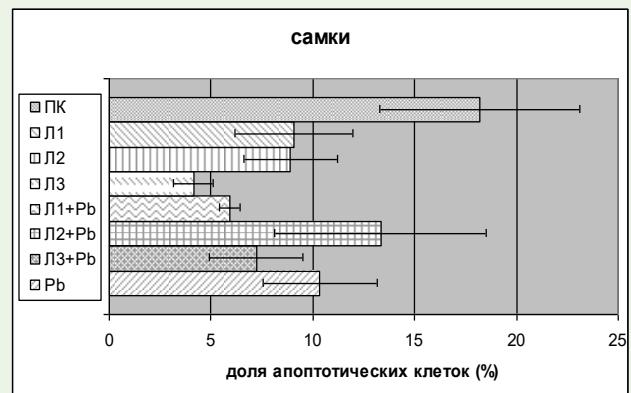
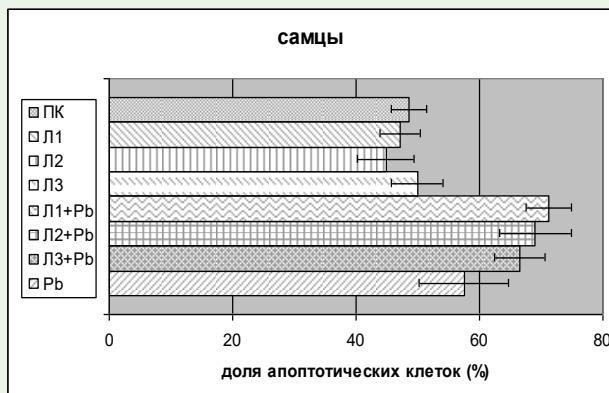
## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Изучение морфометрических показателей (масса тела, абсолютная и относительная масса) тимуса после введения жирорастворимой субстанции ликопина, а также  $\beta$ -каротина в различных композициях с ликопином на фоне введения свинца показало, что масса тела и относительная масса тимуса у животных всех опытных групп достоверно не отличались от кон-

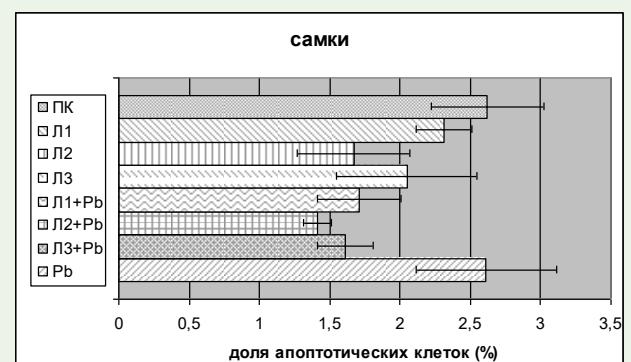
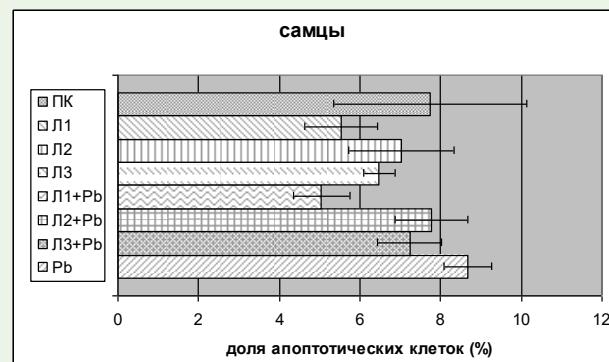
трольного уровня. Обнаружено изменение относительной массы селезенки. У самцов при введении ликопина в дозах 1 и 5 мг/кг этот показатель увеличивается, а при введении ликопина в дозе 2 мг/кг относительная масса селезенки значительно снижается у самок крыс и не изменяется у самцов по сравнению с контрольной группой.

Противоположный эффект наблюдается в условиях воздействия ликопина на фоне экспозиции нитрата свинца. В частности, относительная масса селезенки увеличивается при сочетанном введении свинца и ликопина в дозе 2 мг/кг и снижается при сочетанном введении нитрата свинца и ликопина в дозах 1 и 5 мг/кг как у самок, так и у самцов.

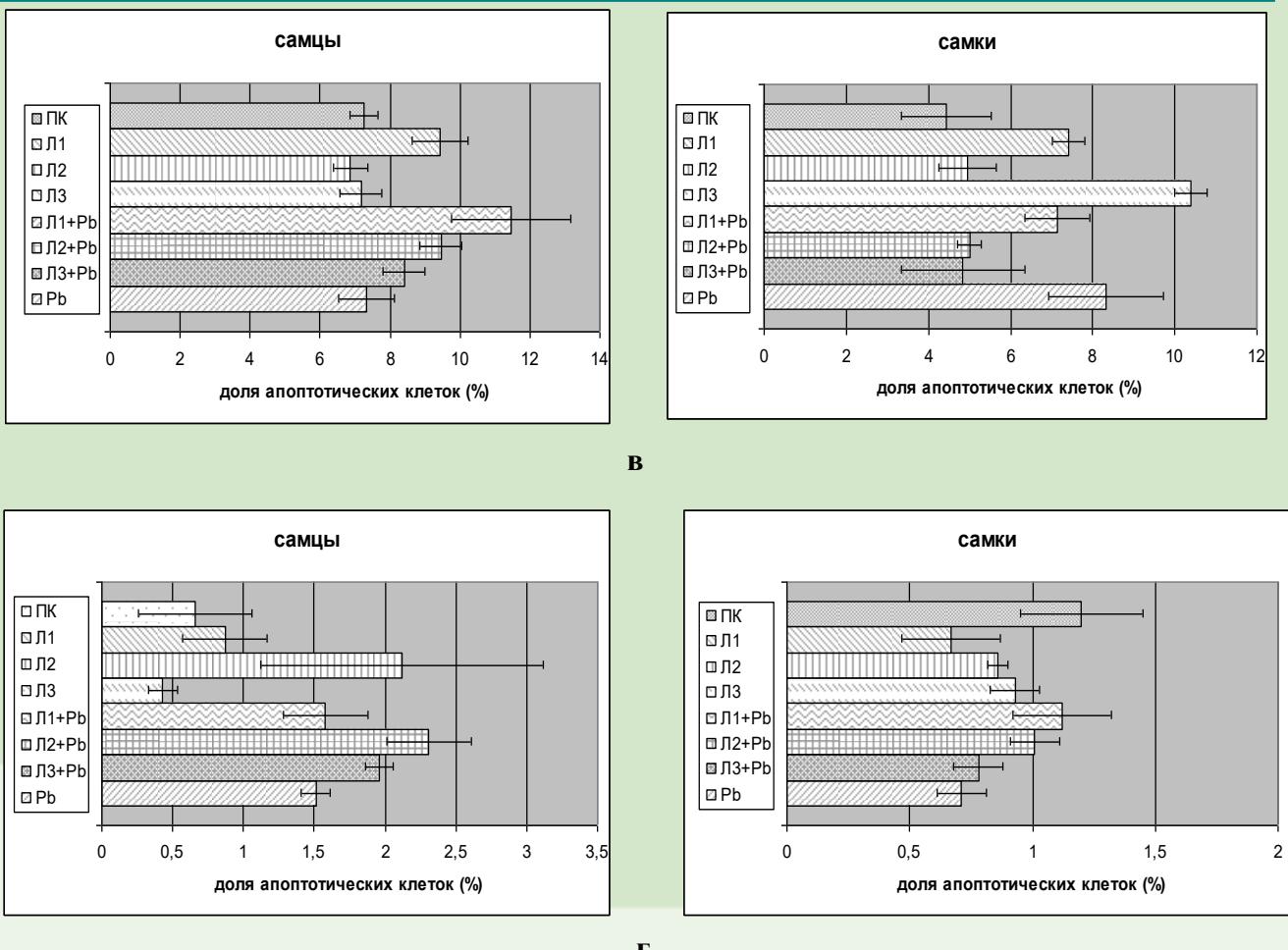
Анализ клеточной гибели по механизму апоптоза выявил разнонаправленные эффекты в костном мозге, крови, тимусе и селезенке животных после введения ликопина и  $\beta$ -каротина на фоне воздействия нитрата свинца (рисунок 1). В крови животных после введения ликопина в разных дозах наблюдается снижение доли апоптотических клеток по сравнению с контролем.



а



б



ПК – контроль (кукурузное масло); Л1 – 1 мг/кг ликопина; Л2 – 2 мг/кг ликопина; Л3 – 5 мг/кг ликопина; Pb – 80 мг/кг нитрата свинца

**Рисунок 1 – Доля апоптотических клеток в клетках крови (а), костного мозга (б), селезенки (в) и тимуса (г) крыс, получавших различные концентрации ликопина на фоне введения нитрата свинца**

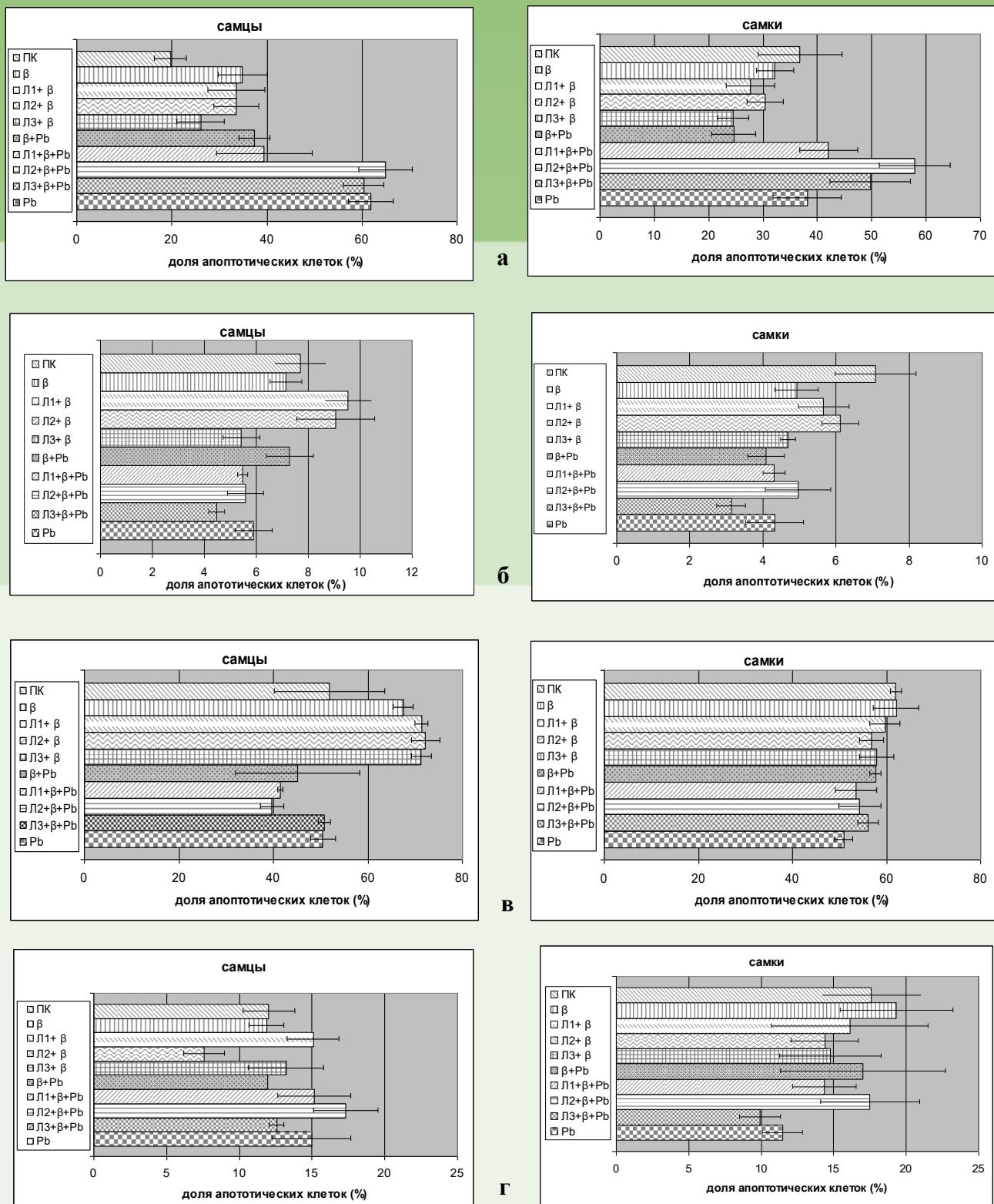
В костном мозге крыс после введения ликопина в дозах 1–5 мг/кг отмечено снижение гибели клеток как у самок, так и у самцов. В тимусе самцов крыс после введения ликопина в дозе 1 и 2 мг/кг наблюдается достоверное увеличение (на 231 %) апоптотических клеток, в то время как в тимусе самок их доля снижается по сравнению с контрольными животными.

В условиях введения ликопина животным обоего пола в селезенке самок и самцов наблюдается увеличение доли апоптотических клеток при дозах ликопина 1 мг/кг веса (на 29 % и 67 % соответственно) и при дозе ликопина 5 мг/кг – у самок

(на 135 %), а при введении ликопина в дозе 2 мг/кг наблюдается незначительное снижение гибели клеток по отношению к контролю.

Выявлены цитопротекторные свойства ликопина на фоне введения животным нитрата свинца, которые проявляются в снижении доли апоптотических клеток в костном мозге, крови, тимусе и селезенке крыс обоего пола.

В условиях воздействия β-каротина доля апоптотических клеток снижается в костном мозге самок, а в крови, тимусе и селезенке не превышает контрольный уровень (рисунок 2).



ПК – позитивный контроль (кукурузное масло); Л1 – 1 мг/кг ликопина;  
Л2 – 2 мг/кг ликопина; Л3 – 5 мг/кг ликопина; β – каротин 15 мг/кг;  
Pb – 80 мг/кг нитрата свинца

**Рисунок 2 – Доля апоптотических клеток в клетках крови (а),  
костного мозга (б), селезенки (в) и тимуса (г) крыс, получавших различные  
дозы ликопина и β-каротина на фоне введения нитрата свинца**

При сочетанном введении ликопина и β-каротина доля апоптотических клеток существенно снижается при дозе ликопина 5 мг/кг в костном мозге самцов и самок крыс и в тимусе самцов – при дозе ликопина 2 мг/кг по сравнению с контролем. Кроме того, цитопротекторный эффект проявляется во всех изученных клеточных популяциях при суммировании эффектов в условиях раздельного действия ликопина и β-каротина.

В условиях поступления в организм нитрата свинца при сочетанном действии ликопина (доза 5 мг/кг) и β-каротина доля апоптотических клеток резко снижается в костном мозге, тимусе и увеличивается в крови по сравнению с животными, которым вводили цитрат свинца.

Следовательно, β-каротин усиливает цитопротекторное действие ликопина.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ликопин оказывает более выраженное цитопротекторное действие по сравнению с β-каротином, а при сочетанном их действии наблюдается кумулятивный эффект. Цитопротекторные свойства ликопина проявляются в клеточных популяциях различной функциональной специализации (костный мозг, кровь, тимус, селезенка) также при экспозиции нитратом свинца и выражаются в снижении уровня гибели клеток по механизму апоптоза. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что ликопин и β-каротин могут быть включены в качестве цитопротекторов не только в состав лекарственных препаратов «двойного действия» лечебно-профилактической направленности с целью фармакологической защиты генома соматических клеток, но и в рацион сельскохозяйственных животных, особенно новорожденных телят в постнатальный период.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зигель, Х. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов / Х. Зигель, А. Зигель. – М. : Mир, 1993. – 368 с.
2. Беклишев, И. Б. Действие ионов свинца на некоторые свойства эритроцитов / И. Б. Беклишев, И. В. Стеценко. – Алма-Ата : Библиогр. ин-т физиологии, 1980. – С. 11–19.
3. Николаевич, Л. Н. Апоптоз: биологические и медицинские аспекты / Л. Н. Николаевич, Е. П. Демидчик // Весці НАН Беларусі. Сер. мед. наука. – 2004. – № 2. – С. 99–110.
4. Биологические свойства каротиноидов и их применение в рационе питания сельскохозяйственных животных (обзор) / Л. Н. Николаевич [и др.] // Эпизоотология Иммунология Фармакология Санитария. – 2023. – № 1. – С. 53–59.



**ТРИКЛАМИЗОЛ**  
противопаразитарный препарат

**СОДЕРЖИТ**  
триклабендазол,  
албендазол,  
левамизола  
гидрохлорид,  
лактозу

**ПРИМЕНЯЮТ**  
при ассоциативных  
гельминтозах крупного  
рогатого скота и  
диких парнокопытных  
животных групповым  
способом с кормом или  
подкормкой однократно



[WWW.BIEVM.BY](http://WWW.BIEVM.BY)

Базылев М.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Минаков В.Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Левкин Е.А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Ханчина А.Р., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
Линьков В.В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

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

## ХАРАКТЕРИСТИКА КОРОВ-ПЕРВОТЕЛОК ПО МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ СВОЙСТВАМ ВЫМЕНИ И ИХ ПРИГОДНОСТЬ К ДОИЛЬНОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

### Резюме

Проведенные производственные исследования морфофункциональных свойств вымени коров-первотелок и пригодность их к современному доильному оборудованию в хозяйственных условиях крупнотоварного агропредприятия ОАО «Новая Вилия» Вилейского района показали, что наиболее рационально использовать преимущественно коров-первотелок с оценкой линейных экстерьерных признаков вымени 7,0 и 8,3 баллов, уровень рентабельности производства молока которых выше, чем у коров-первотелок с оценкой 4,4 балла, соответственно, на 2,5 и 1,2 процентных пункта.

**Ключевые слова:** молочное скотоводство, коровы-первотелки, свойства вымени, экономические результаты.

### Summary

Conducted production studies of the morphofunctional properties of the udder of first-calf cows and their suitability for the use of modern milking equipment in the economic conditions of the large-scale agricultural enterprise OJSC «Novaya Vilia» in the Vileyka region showed that it is most rational to use primarily first-calf cows with an assessment of the linear exterior characteristics of the udder of 7,0 and 8,3 points, the level of profitability of milk production is higher than that of first-calf cows with a score of 4,4 points, by 2,5 and 1,2 percentage points, respectively.

**Keywords:** dairy cattle breeding, first-calf cows, udder properties, economic results.

Поступила в редакцию 08.01.2024 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Современная среда жизнеобитания людей неразрывно связана с производством и потреблением продуктов питания животного происхождения, среди которых одно из первых мест занимает рациональное получение молочно-товарной скотоводческой продукции, чрезвычайно востребованной на рынках всех без исключения стран мира [4, 7, 8, 14, 15, 17, 18, 21]. Характерными особенностями такого производства животноводческой агропродукции выступают как сам производственный процесс получения молока, мяса и сопутствующей продукции скотоводства, так и создание инфраструктурных условий взаимодействия высокотехнологичных средств производства, качественно новых технологических схем, увеличение доли овеществленного труда человека, широкомасштабное использование самых передовых достижений в системе воспроизводства, обороте и комплектова-

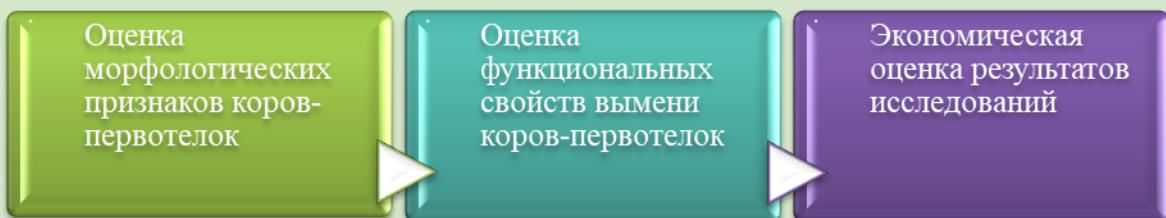
ния стада, кормлении и, что особенно важно, – высококвалифицированном зооветеринарном обслуживании животных, позволяющем добиваться высоких производственно-экономических результатов [1, 2, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 18, 20]. В связи с этим представленные на обсуждение результаты исследований по изучению морфофункциональных свойств вымени коров-первотелок и пригодности их к современному доильному оборудованию являются актуальными, затрагивающими непосредственный профессиональный интерес большого количества руководителей специализированных животноводческих агропредприятий, отраслевых специалистов и научных работников.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в ОАО «Новая Вилия» Вилейского района Минской области на протяжении 2020–2022 гг.

Исследования включали изучение производственно-экономической деятельности отмеченного агропредприятия, анализ уровня хозяйствования, практикоперимимости использования современных биогенных и техногенных инноваций в молочно-товарном скотоводстве. Исследования также состояли из постановки производственного эксперимента в 2022 г., вклю-

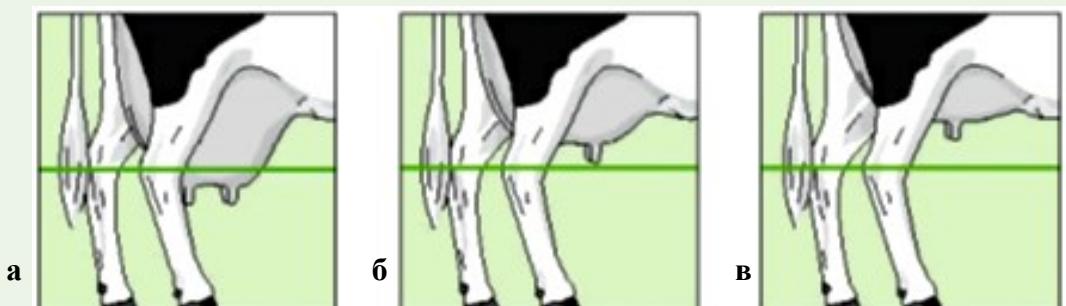
чающего изучение морфофункциональных свойств вымени коров-первотелок с общим объемом анализируемой выборки  $n=235$  животных и их пригодность к доильному оборудованию. Оценку морфологических признаков вымени проводили за 1,0–1,5 ч до доения на 2–3-й месяц лактации. Схема исследования приведена в рисунке 1.



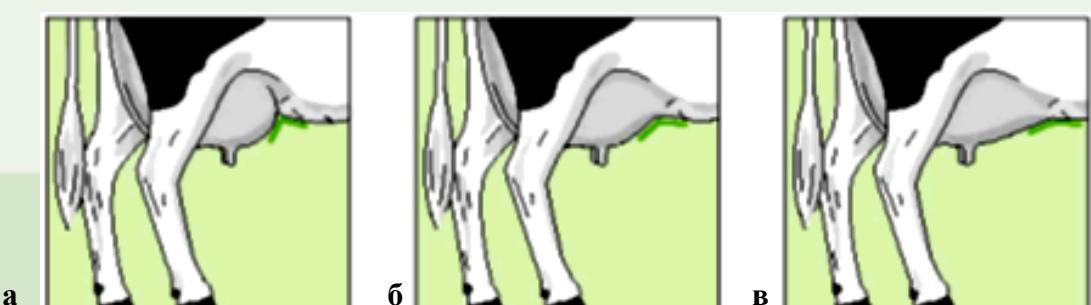
**Рисунок 1 – Основные оценочные направления при использовании балльной оценки вымени коров-первотелок (составлено с использованием научных данных [3, 5, 6, 9, 11, 16, 19] и собственных наблюдений)**

При постановке эксперимента оценивали и учитывали следующие морфологические признаки и свойства вымени: оценка линейных экстерьерных признаков вымени и общее развитие (размеры), равномерность развития отдельных долей, величину, форму сосков и их расположение (рисунки 2–9). Различали следующие баллы: оптимальные, абсолютные, относитель-

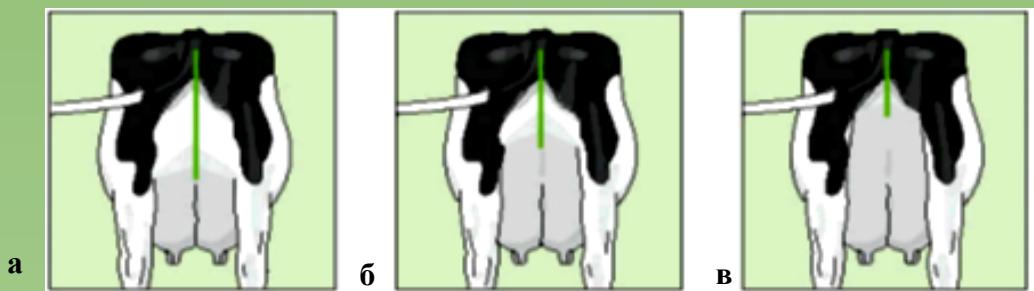
ные. У коров-первотелок изучали оценку линейных экстерьерных признаков вымени (балл), обхват вымени (см), длину вымени (см), ширину вымени (см), глубину вымени (см), расстояние от пола до дна вымени (см), длину и ширину передних и задних сосков (см), скорость молокоотдачи (кг/мин), продолжительность доения (мин), величину разового удоя (кг).



а – глубокое вымя; б – оптимальное; в – очень высокое  
**Рисунок 2 – Глубина вымени**



а – очень слабое; б – среднее; в – оптимальное  
**Рисунок 3 – Прикрепление передних долей вымени**



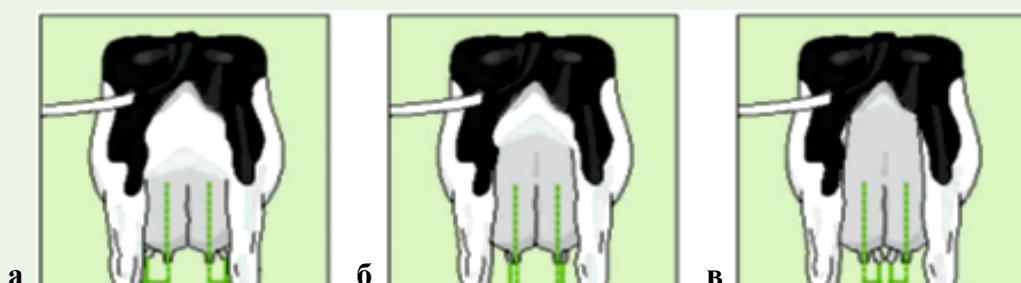
а – очень низкое; б – средней высоты; в – очень высокое  
**Рисунок 4 – Высота прикрепления задней части вымени**



а – очень малой ширины; б – средней ширины; в – очень широкое  
**Рисунок 5 – Изменение ширины задней части вымени**



а – очень слабая борозда; б – средняя; в – очень сильная  
**Рисунок 6 – Центральная связка вымени**



а – очень широкое; б – сосок расположен по центру; в – крайне близкое  
**Рисунок 7 – Положение передних сосков относительно центра четвертей вымени**



а – очень широкое (наружу); б – слегка расширенное; в – узкое (внутрь)  
**Рисунок 8 – Положение задних сосков относительно центра четвертей вымени**



а – очень короткий; б – оптимальный; в – очень длинный

**Рисунок 9 – Длина переднего соска**

В процессе взятия промеров у исследуемых животных длину вымени измеряли циркулем от задней выпуклости вымени до его переднего края у основания, обхват вымени – лентой по горизонтальной линии на уровне основания переднего края, глубину передней и задней четвертей – лентой вертикально от брюшной стенки до основания соска, длину переднего и заднего сосков – лентой от их основания до кончика, диаметр переднего и заднего сосков – штангенциркулем у основания соска. Продолжительность доения определяли в минутах с момента надевания последнего доильного стакана до окончания молокоотдачи (снятия доильных стаканов).

Методика исследований общепринятая. Методологическая база исследований состояла из использования методов сравнения, логического, монографического анализа, синтеза, прикладной математической статистики.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

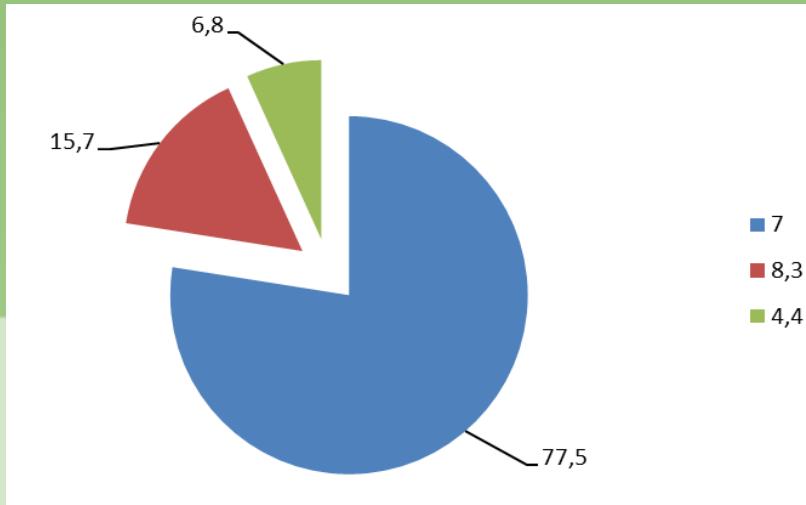
ОАО «Новая Вилия» является хозяйством с развитым животноводством. На 31.12.2022 г. численность крупного рогатого скота составила 2941 голову, поголовье дойного стада – 1245 голов. Среднегодовой убой по хозяйству за 2022 г. приближался к среднестатистическому по Беларуси показателю в 5753 кг, среднесуточный прирост живой массы молодняка – 606 г. В 2022 г. на 1 ц молока затрачено 0,80 ц корм. ед., на 1 ц прироста живой массы – 9,73 ц корм. ед., что выше технологической нормы на 21,6 %. В 2022 г. по сравнению с 2020 г. производство валовой продукции выросло на 78,3 %, а уровень рентабельности по хозяйству – на 15 процентных пунктов и составил 9,5 %.

Важным фактором, влияющим на конечные результаты работы в отрасли молочного скотоводства, является качество животных [2, 5, 12, 14, 16, 20]. Для комплектования стада нужны животные с высоким генетическим потенциалом, которые отличаются высокой молочной продуктивностью, пригодностью к машинному доению, легкостью отелов и хорошей жизнеспособностью телят [1, 3, 6, 8, 9, 13, 14, 18, 19].

В соответствии с требованиями прогрессивной технологии животные в стадах должны быть выравнены по основным хозяйственно полезным и экстерьерным признакам. Экстерьерная типизация скота необходима ввиду унификации способов содержания, кормления и доения в условиях промышленной технологии, когда эти способы не имеют существенной зависимости от среды, а являются звенями в единой технологической цепи [3, 8, 12, 14, 17, 18]. При этом большое значение в молочном скотоводстве уделяется форме и развитию вымени, сосков, скорости молокоотдачи коров, так как в настоящее время в условиях машинного доения качество вымени является селекционируемым признаком и определяет продолжительность хозяйственного использования коров в стаде [5].

Оценку морфологических свойств вымени начали с линейного экстерьерного признака вымени коров-первотелок (рисунок 10).

В результате исследований было установлено, что основная масса коров изучаемых линий (77,5 %) имели оценку 7 баллов – наиболее пригодную для машинного доения. Количество коров с оценкой 8,3 балла составило 15,7 %, с оценкой 4,4 балла – 6,8 %.



**Рисунок 10 – Оценка линейных экстерьерных признаков вымени коров-первотелок, %**

В результате исследований было установлено, что основная масса коров изучаемых линий (77,5 %) имели оценку 7 баллов – наиболее пригодную для машинного доения. Количество коров с оценкой 8,3 балла составило 15,7 %, с оценкой 4,4 балла – 6,8 %.

Пригодность коров к машинному доению определяется их способностью при правильной технологии доения быстро, равномерно и полностью отдавать молоко

[1, 9, 12, 14, 19]. Оценку вымени проводят по морфологическим и функциональным свойствам [5, 6, 11].

На основе экспериментальных данных определяли соответствие средней величины показателей морфологических свойств вымени нормативным требованиям, то есть пригодность коров-первотелок к машинному доению. Промеры коров-первотелок приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Оценка линейных экстерьерных признаков вымени коров-первотёлок**

Показатели	Опти- мальный балл	Балл	Количе- ство голов	Балл	Количе- ство голов	Балл	Количе- ство голов
Высота прикрепления задней доли	9	6	2	9	30	8	7
Ширина задней доли вымени	9	5	3	8	24	9	4
Центральная связка	9	5	2	8	12	8	3
Расположение передних сосков	6	3	1	7	15	9	6
Расположение задних сосков	5	3	3	5	35	8	5
Прикрепление передних долей вымени	9	6	2	8	31	9	3
Глубина вымени	5	4	1	5	14	8	4
Длина передних сосков	5	3	2	6	21	7	5
Средний балл за развитие вымени	–	4,4	-	7,0	-	8,3	-
Количество животных в группе, гол.	-	-	16	-	182	-	37

Анализ таблицы 1 показал, что все коровы-первотелки по основным промерам вымени соответствовали нормативным требованиям оценки животных на пригодность к машинному доению.

Также была проведена сравнительная оценка коров с разными оценками линейных экстерьерных признаков вымени по показателям промеров. Размеры вымени коров-первотелок приводятся на рисунке 11.

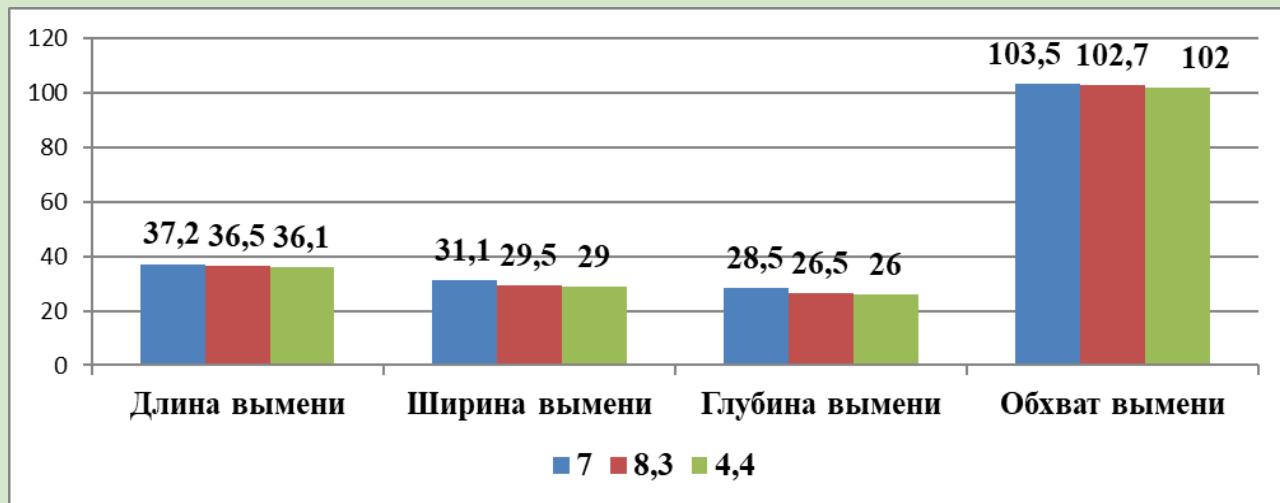


Рисунок 11 – Размеры вымени коров-первотелок, см

Как показывают данные рисунка 11, коровы-первотелки с оценкой вымени 7 баллов характеризовались наибольшими показателями длины (37,2 см), ширины (31,1 см), глубины (28,5 см) вымени, а также имели наибольший обхват вымени

(103,5 см). Наименьшие промеры вымени были у коров с оценкой 4,4 балла, а коровы-первотелки с оценкой вымени 8,3 балла занимали промежуточное положение.

Промеры сосков вымени коров-первотелок приводятся на рисунке 12.

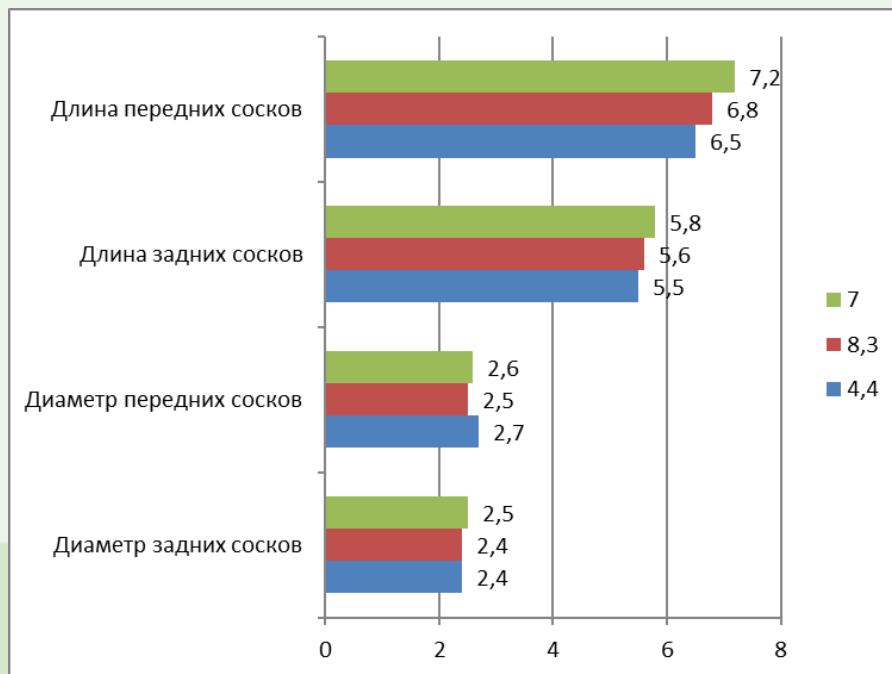
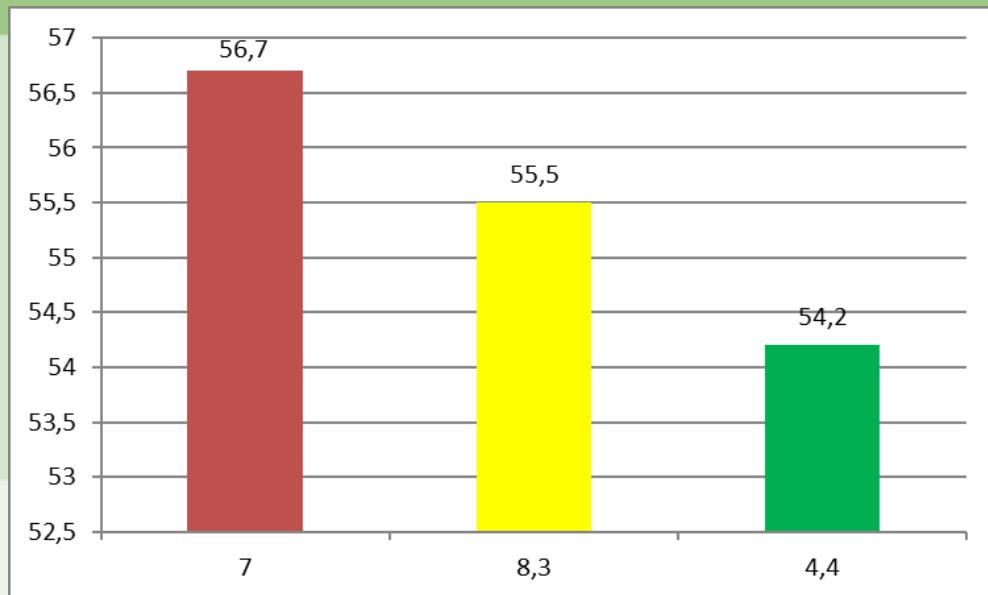


Рисунок 12 – Промеры сосков вымени коров-первотелок, см

Из данных рисунка 12 можно сделать вывод, что у коров-первотелок с оценкой вымени 7 баллов были наибольшие показатели длины передних и задних сосков (7,2 и 5,8 см соответственно) и диаметра задних сосков (2,5 см), а у коров с оценкой вымени 4,4 балла – наибольший диаметр передних сосков (2,7 см). По остальным промерам сосков вымени у коров с оценкой 4,4 балла было промежуточное положение.

Изучение показателя расстояния от пола до вымени представлено на рисунке 13.



**Рисунок 13 – Расстояние от пола до дна вымени, см**

Из рисунка 13 видно, что у коров-первотелок с оценкой 7 баллов расстояние вымени до земли было наибольшим (56,7 см), а у коров с оценкой вымени 4,4 балла – наименьшим (54,2 см), разница составила 4,6 % ( $P<0,001$ ).

Кроме морфологических признаков вымени, важное значение имеют его функциональные свойства. От этих показателей зависит и уровень молочной продуктивности коровы, и состояние ее здоровья. Результаты исследований приводятся в таблице 2.

**Таблица 2 – Функциональные свойства вымени коров-первотелок с различной балльной оценкой**

Показатели	Ед. изм.	Баллы			Нормативные требования
		4,4	7,0	8,3	
		$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$	$\bar{X} \pm m$	
Продолжительность доения	мин	5,0±0,47	5,2±0,55	5,2±0,39	не более 6
Скорость молокоотдачи	кг/мин	1,76±0,33	1,85±0,31	1,82±0,41	не менее 1,5
Разовый удой	кг	8,8±0,51	9,7±0,67	9,5±0,52	-

Анализ таблицы 2 показывает, что наибольший разовый удой установлен у коров-первотелок с оценкой вымени 7 баллов (9,7 кг), наименьший – у коров с оценкой 4,4 балла (8,8 кг), разница составила 0,9 кг, или 10,2 % ( $P \geq 0,05$ ). Максимальной интенсивностью молокоотдачи также характеризовались коровы-первотелки с оценкой вымени 8,3 балла – 1,85 кг/мин, что выше значения нормативного показателя на 0,15 кг/мин, или 8,8 %.

По продолжительности доения стадо коров-первотелок соответствовало нормативным требованиям. Продолжительность доения зависит от наследственной обусловленности, анатомических особенностей вымени (строения и расположения сосков, равномерности развития долей вымени) и технологических факторов (квалификации оператора машинного доения, качества доильного оборудования, интервалов между дойками) [3, 5, 6, 9, 16]. У коров с показателем 4,4 балла продолжительность доения была наименьшей – 5 мин, что связано с наименьшим уровнем молочной продуктивности.

Наряду с повышением уровня и качества кормления, улучшением селекционно-племенной работы и воспроизводства стада, внедрением элементов промышленной технологии, одним из условий интенсивного ведения молочного скотоводства является рациональное применение машинного

доения. Технологический процесс доения коров, молочная продуктивность и качество молока взаимообусловлены [1, 9, 12, 14, 16, 20].

Одним из важных критериев эффективности использования дойного стада является приспособленность к машинному доению, которую обуславливают морфофункциональные свойства вымени коров [5]. К нормативным требованиям по пригодности к машинному доению относятся показатели развития вымени коров, полнота выдаивания за короткий промежуток времени, скорость молокоотдачи [3, 5, 6, 11, 19].

В представленной работе изучены морфофункциональные свойства вымени коров-первотелок в зависимости от оценки линейных экстерьерных признаков вымени коров-первотелок.

Для расчета экономической эффективности результатов исследований по изучению морфофункциональных свойств вымени коров-первотелок в зависимости от оценки линейных экстерьерных признаков их вымени рассчитаны следующие показатели: суточный удой на корову, валовый удой, себестоимость 1 ц молока, прибыль от реализации молока и уровень рентабельности производства.

Результаты проведенных исследований и расчетов отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Экономическая эффективность результатов исследований

Показатели	Баллы		
	4,4	7,0	8,3
Количество животных в группе, гол.	16	182	37
Суточный удой, кг	17,6	19,4	19,0
Валовый удой за сутки, кг	281,6	3530,8	703
Себестоимость 1 ц молока, руб.	81,4	79,9	80,7
Выручка от реализации, руб.	29990,4	376030,2	74869,5
Прибыль, руб.	7068,2	93919,3	18137,4
В том числе на 1 гол.	441,8	516,04	490,2
Уровень рентабельности производства молока, %	30,8	33,3	32,0

Анализ данных таблицы 3 показывает, что использование коров-первотелок с оценкой 7 баллов вымени наиболее эффективно, т.к. от данной группы животных получены наибольшие показатели суточного удоя – 19,4 кг и уровня рентабельности – 33,3 % при наименьшей себестоимости 1 ц молока (79,9 руб.). От коров-первотелок с оценкой вымени 4,4 балла суточный удой был наименьшим – 17,6 кг, а себестоимость 1 ц молока – наибольшей (81,4 руб.). При этом уровень рентабельности производства молока был ниже, чем у коров с оценкой вымени 7 и 8,3 балла, на 2,5 и 1,2 процентных пункта соответственно.

Следовательно, в условиях ОАО «Новая Вилия» Вилейского района эффективным является преимущественное использование коров с оценкой вымени 7 и 8,3 балла.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Крупнотоварное агропредприятие ОАО «Новая Вилия» является среднестатистическим хозяйством с динамично развивающимся животноводством. В результате исследований установлено, что в стаде преобладают коровы-первотелки с оценкой линейных экстерьерных признаков вымени 7 баллов (77,5 %), наименьшее количество коров – с оценкой 4,4 балла (6,8 %). Коровы-первотелки с оценкой формы вымени 7 баллов характеризовались наибольшими показателями длины (37,2 см), ширины (31,1 см), глубины (28,5 см) вымени, а также имели наибольший обхват вымени 103,5 см). Наименьшие промеры вымени

были у коров с оценкой 4,4 балла. У коров-первотелок с оценкой вымени 7 баллов были наибольшие показатели длины передних и задних сосков (7,2 и 5,8 см соответственно) и диаметра задних сосков (2,5 см), а расстояние вымени до земли было наибольшим (56,7 см). Первотелки с оценкой вымени 7 баллов характеризовались наибольшим разовым удоем (9,7 кг) и максимальной интенсивностью молокоотдачи (1,85 кг/мин). У коров с оценкой вымени 4,4 балла продолжительность доения была наименьшей – 5 мин.

Экономическая оценка показала, что использование коров-первотелок с оценкой вымени 7 баллов наиболее эффективно, так как от данной группы животных получены наибольшие показатели суточного удоя – 19,4 кг и уровня рентабельности – 33,3 % при наименьшей себестоимости 1 ц молока (79,9 руб.). От коров-первотелок с оценкой 4,4 балла вымени суточный удой и уровень рентабельности производства молока были наименьшими – 17,6 кг и 30,8 %.

**Предложение производству.** На основании результатов исследований рекомендуется в условиях ОАО «Новая Вилия» Вилейского района использовать преимущественно коров-первотелок с оценкой линейных экстерьерных признаков вымени 7,0 и 8,3 баллов, уровень рентабельности производства молока которых выше, чем у коров-первотелок с оценкой 4,4 балла, соответственно, на 2,5 и 1,2 процентных пункта.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев, Д. А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами : монография / Д. А. Григорьев. – Гродно : ГГАУ, 2017. – 216 с.
2. Дифференциальная диагностика болезней сельскохозяйственных животных : монография / А. И. Ятусевич [и др.] ; Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – 808 с.
3. Левкин, Е. А. Особенности внутриотраслевой специализации животноводства в условиях КСУП «Экспериментальная база «Натальевск» / Е. А. Левкин, М. В. Базылев, В. В. Линьков // Перспективы развития отрасли и предприятий АПК: отечественный и международный опыт : сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф. [Электронный ресурс]. – Омск : ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – С. 445–449.
4. Макрак, С. В. Управление материальными ресурсами в сельском хозяйстве в условиях развития цифровой экономики / С. В. Макрак ; ред. В. Г. Гусаков ; Национальная академия наук Беларусь, Институт системных исследований в АПК. – Минск : Беларуская навука, 2021. – 328 с.

5. Морфофункциональные свойства вымени коров-первотелок разной линейной принадлежности / К. Л. Медведева [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина : научно-практический журнал. – 2020. – № 3. – С. 21–24.
6. Мурадян, А. М. Сравнительная оценка морфофункциональных свойства вымени коров-первотелок кавказской бурой породы различных генотипов / А. М. Мурадян // Аграрная наука. – 2023. – № 1. – С. 48–52.
7. Мясникович, М. В. Эволюционные трансформации экономики Беларусь : монография / М. В. Мясникович. – Минск : Беларуская навука, 2016. – 321 с.
8. Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации 2022 / В. Г. Гусаков [и др.] ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларусь, 2022. – 102 с.
9. Опыт производства молока при использовании роботизированной доильной карусели GEA-DAIRYPROQ / Н. И. Мосолова [и др.] // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 2. – С. 209–221.
10. Развитие цифровой экономики в Республике Беларусь / Е. А. Левкин [и др.] // Устойчивое развитие: состояние, проблемы, перспективы : материалы Междунар. симпозиума. – Смоленск : Лоцман, 2023. – С. 50–55.
11. Смотренко, Е. М. Морфологические особенности структурно-пространственной организации емкостной системы сосков вымени высокопродуктивных коров / Е. М. Смотренко, Д. И. Бобрик // Экология и животный мир. – 2023. – № 1. – С. 39–43.
12. Создание комфортных условий содержания коров в различных технологических условиях ферм и комплексов / В. Н. Тимошенко [и др.] // Ветеринарный журнал Беларусь. – 2019. – № 2. – С. 108–112.
13. Технологические аспекты выращивания ремонтного молодняка крупного рогатого скота / М. В. Базылев [и др.] // Молочно-хозяйственный вестник. – 2023. – № 1. – С. 10–29.
14. Технологические рекомендации по организации производства молока на новых и реконструируемых молочнотоварных фермах : монография / Н. А. Попков [и др.] ; Республиканской университетское предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларусь по животноводству». – Жодино, 2018. – 138 с.
15. Удалова, З. В. Развитие учетно-аналитического обеспечения управления собственным капиталом в сельскохозяйственных организациях : монография / З. В. Удалова, А. Г. Салтанова, А. Н. Тарасов; Донской ГАУ. – Ростов н/Д : ФГБНУ ВНИИЭиН ; АзовПринт, 2018. – 180 с.
16. Улимбашев, М. Б. Пригодность вымени коров бурой швейцкой породы к роботизированной технологии доения / М. Б. Улимбашев // Сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 2. – С. 58–64.
17. Управление конкурентоспособностью предприятий АПК региона в условиях импортозамещения : монография / О. Н. Фетюхина [и др.]; Донской ГАУ. – Персиановский, Новочеркасск : Лик, 2018. – 161 с.
18. Формирование эффективных организационно-экономических отношений в АПК: вопросы теории и методологии / В. Г. Гусаков [и др.] ; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск : Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларусь, 2022. – 133 с.
19. Частота доения коров – путь к увеличению молочной продуктивности в условиях роботизированных ферм / О. В. Горелик [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2018. – № 11. – С. 27–32.
20. Development of optimal genetic evaluations for teat and udder structure in Canadian Angus cattle / K. Devani [et al.] // Journal animal scientific. – 2019. – Vol. 97. – P. 4445–4452.
21. The future of phenomics in dairy cattle breeding / J. B. Cole [et al.] // Animal Frontiers. – 2020. – Vol. 10, №. 2. – P. 37–44.

## наша продукция



Белькевич И.А., кандидат ветеринарных наук<sup>1</sup>  
Макаенко В.А., младший научный сотрудник<sup>1</sup>  
Черницкий А.Е., доктор биологических наук<sup>2</sup>  
Кудрявцева Е.Н., кандидат ветеринарных наук, доцент<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup>Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, г. Витебск, Республика Беларусь

## МОРСКАЯ РЫБА КАК ИСТОЧНИК ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАЦИОНЕ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ (ОБЗОР)

### **Резюме**

В статье представлена сравнительная оценка морской рыбы, поступающей на довольствие личному составу военнослужащих Вооруженных Сил Республики Беларусь, как источника эссенциальных макро- и микроэлементов в рационе.

Исследование выполнено путем анализа отчетной документации ГУ «Центральная ветеринарная лаборатория Вооруженных Сил Республики Беларусь» и сведений по химическому элементному составу различных видов морских рыб, присутствующих в рационе военнослужащих Беларуси за период с 2016 по 2023 гг.

**Ключевые слова:** макроэлементы, микроэлементы, эссенциальность, нутриенты, минтай дальневосточный, сайда, камбала охотоморская, хек тихоокеанский, навага дальневосточная, лемонема, аргентина североатлантическая, треска, сельдь океаническая, атлантическая скумбрия.

### **Summary**

The article presents a comparative assessment of sea fish supplied to the personnel of the Armed Forces of the Republic of Belarus as a source of essential macro- and microelements in the diet.

The study was carried out by analyzing the reporting documentation of the GA “Central Veterinary Laboratory of the Armed Forces of the Republic of Belarus” and information on the chemical elemental composition of various types of marine fish present in the diet of military personnel of Belarus for the period from 2016 to 2023.

**Keywords:** macroelements, microelements, essentiality, nutrients, far eastern pollock, saida, okhotomorsky flounder, pacific hake, far eastern navaga, lemonema, north atlantic argentina, cod, oceanic herring, atlantic mackerel.

Поступила в редакцию 07.05.2024 г.

Одним из условий сохранения суверенитета государства является поддержание здоровья, работо- и боеспособности военнослужащих, выполняющих поставленные перед ними задачи [1, 2]. Неполнценный по содержанию эссенциальных макро- и микроэлементов рацион может крайне негативно сказываться на здоровье личного состава военнослужащих, приводя к снижению компенсаторно-адаптационных механизмов организма и развитию заболеваний [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. В свою очередь, рациональное и научно обоснованное питание, соответствующее возрасту, интенсивности и характеру труда, климатогеографическим и сезонным условиям,

благоприятно влияет на здоровье военнослужащих, поддерживая их высокую работоспособность и эффективность в решении поставленных задач [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Вопросы состава и биологической ценности рациона военнослужащих обсуждалось с давних времен, однако за последние лет 150 они перешли в разряд концептуальных основ войскового питания [16, 17].

Энергетическая ценность питания военнослужащих с 1899 г. по настоящее время заметно снизилась (с 6745 до 3912 калорий), при этом содержание белков в рационе сократилось в 1,93 раза, углеводов – в 2,35 раза, а жира, напротив, возросло в 1,80 раза [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24].

Наблюдаемые изменения в питании военнослужащих со времен Российской империи до наших дней связаны главным образом с механизацией и уменьшением энергетических затрат при маневрировании и передвижении состава регулярных войск.

Исторические документы свидетельствуют о том, что рыбопродукты традиционно входили в рацион военнослужащих [25]. При этом в наши дни, как и раньше, основными видами рыб на столе военнослужащих остаются морские. Связано ли это с большей биологической ценностью последних относительно речных и озерных рыб либо иными (в том числе экономическими) причинами, остается неясным. Несомненно, промышленный вылов океанической пелагической рыбы более масштабен и имеет очевидные экономические преимущества по сравнению с разведением рыб в прудах, садках или бассейнах.

Закупка и привоз на довольствие личному составу военнослужащих Вооруженных Сил Республики Беларусь (далее – ВС РБ) рыбы и морепродуктов происходит в зависимости от потребностей военных частей, госпиталей и других подведомст-

венных организаций Министерства обороны Республики Беларусь. Качество поступающей продукции оценивается специалистами ГУ «Центральная ветеринарная лаборатория Вооруженных Сил Республики Беларусь» (далее – лаборатория). Основываясь на отчетной документации о фактическом поступлении рыбы в лабораторию, можно судить, что в рационе военнослужащих ВС РБ в 2016–2023 гг. присутствовали минтай дальневосточный, сайда, камбала охотоморская, хек тихоокеанский, навага дальневосточная, лемонема, аргентина североатлантическая, треска, сельдь океанская и скумбрия атлантическая [26].

Установлено, что среди 10 видов рыб, которые доставлялись в лабораторию, лидировал минтай дальневосточный, на долю которого приходилось 28 % проб (рисунок 1). Далее следовали навага дальневосточная (20 %), аргентина североатлантическая (20 %) и хек тихоокеанский (19 %). Незначительная доля от числа поступивших проб приходилась на треску (3 %), сельдь океансскую (3 %), скумбрию атлантическую (2 %), камбалу охотоморскую (2 %) и лемонему (2 %).



Рисунок 1 – Количество проведенных исследований в зависимости от вида морской рыбы

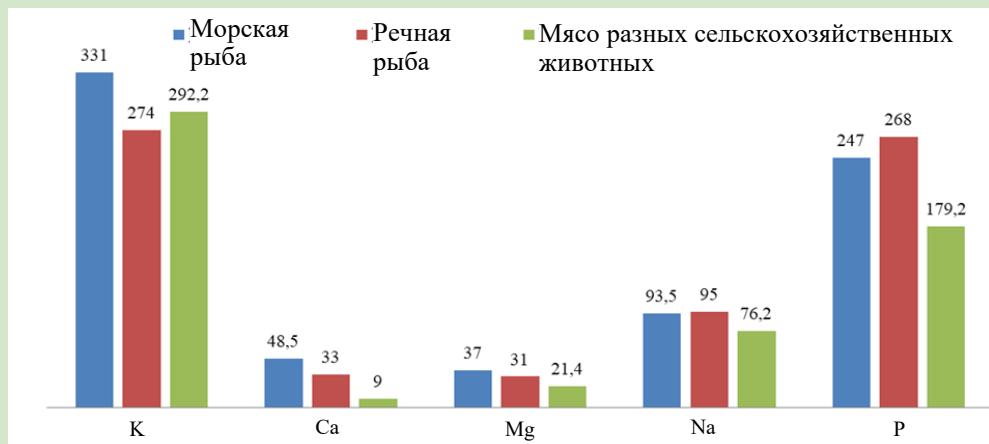
Из рисунка 1 видно, что на четыре вида (минтай дальневосточный, навага дальневосточная, аргентина североатлантическая и хек тихоокеанский) приходилось 87 % потребления морской рыбы военнослужащими ВС РБ. Для оценки вклада этих рыб в обеспечение рациона военно-

служащих эссенциальными макро- и микроэлементами проведен сравнительный анализ их химического элементного состава, а также сопоставление с показателями речной рыбы и мяса сельскохозяйственных животных (таблица, рисунки 2 и 3).

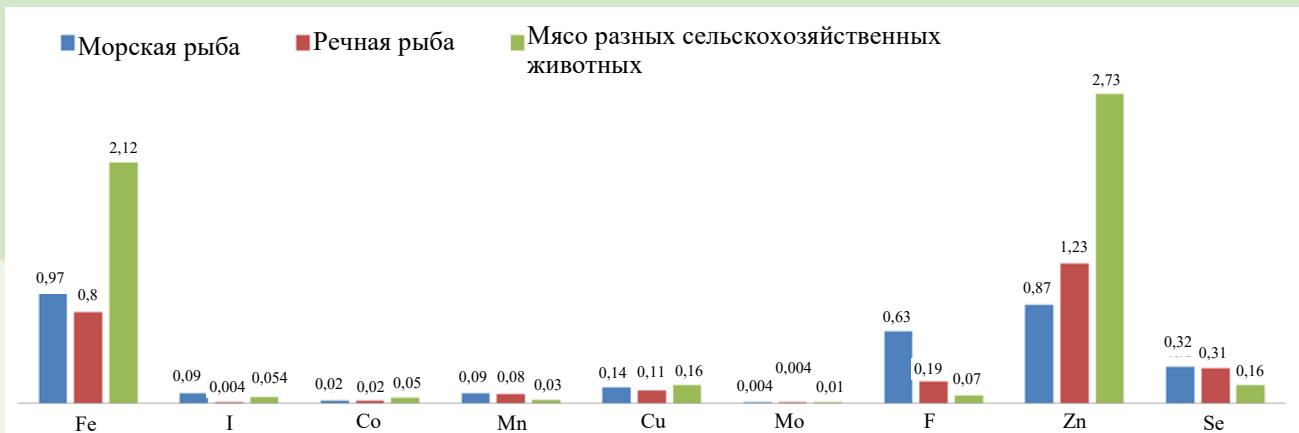
Таблица – Содержание эссенциальных макро- и микроэлементов в рыбе и мясе сельскохозяйственных животных, мг в 100 г продукта

Вид рыбы	K	Ca	Mg	Na	P	Fe	I	Co	Mn	Cu	Mo	F	Zn	Se*
<b>морская рыба</b>														
Аргентина	335	30	35	100	220	0,63	0,05	0,02	-	-	0,004	0,43	0,7	50
Камбала	350	65	40	70	260	1,1	0,03	0,02	0,09	0,11	0,004	0,43	0,9	36,8
Лемонема	200	30	35	100	220	1,7	0,05	0,02	0,09	0,11	0,004	0,43	0,7	50
Минтай	420	40	55	120	240	0,8	0,15	0,01	0,1	0,13	0,004	0,7	1,12	46,5
Навага	400	150	35	100	220	0,6	0,15	0,02	0,1	0,13	0,004	0,43	0,9	10
Сайда	340	15	25	70	300	0,85	0,15	0,02	0,05	0,12	0,004	0,7	0,85	15
Сельдь	310	60	30	100	280	1	0,04	0,04	0,12	0,17	0,004	0,38	0,9	11
Скумбрия	280	40	50	100	280	1,7	0,04	0,02	0,1	0,21	0,004	1,4	0,7	45
Треска	340	25	30	100	210	0,65	0,13	0,03	0,08	0,15	0,004	0,7	1,02	33
Хек	335	30	35	75	240	0,7	0,16	0,02	0,12	0,15	0,004	0,7	0,9	11,9–18,6
<b>речная рыба</b>														
Карп	265	35	25	55	210	0,8	0,005	0,03	0,15	0,13	0,004	0,02	2,0	22
Лещ	265	25	30	70	220	0,3	0,003	-	-	-	0,004	0,43	-	25,3
Окунь	300	30	30	80	210	0,7	0,003	-	-	-	0,004	0,43	-	24,9
Судак	280	35	35	230	500	0,5	0,005	0,02	0,05	0,11	0,004	0,03	0,7	34
Щука	260	40	35	40	200	1,7	0,006	0,02	0,05	0,11	0,004	0,02	1,0	46,8
<b>мясо сельскохозяйственных животных</b>														
Баранина	270	3	18	80	178	2	0,07	0,07	0,03	0,18	0,012	0,01	3,0	18
Говядина	325	9	22	65	188	2,7	0,07	0,07	0,03	0,18	0,016	0,06	3,24	17,35
Мясо птицы	236	14	19	70	160	1,3	0,04	0,01	0,01	0,06	0,005	0,13	1,26	14–22
Свинина	285	7	24	58	164	1,7	0,07	0,07	0,03	0,18	0,012	0,06	3,0	16,5
Телятина	345	12	24	108	206	2,9	0,02	0,05	0,03	0,22	0,004	0,08	3,17	14

Примечание – «-» нет данных, \*концентрация Se в таблице приведена из расчета мкг/100 г продукта [27, 28, 29, 30, 31, 32, 33]



**Рисунок 2 – Среднее содержание макроэлементов в 100 г продукта, мг**



**Рисунок 3 – Среднее содержание микроэлементов в 100 г продукта, мг**

Из таблицы, а также рисунков 2 и 3 видно, что морская рыба лидирует по содержанию большинства анализируемых макроэлементов. Вместе с тем, речные рыбы по сравнению с морскими видами и мясом сельскохозяйственных животных содержат, соответственно, на 7,83 и 33,2 % больше фосфора [34, 35].

Анализ содержания микроэлементов показал, что по уровню железа, кобальта, меди, цинка, молибдена мясо сельскохозяйственных животных превосходит морские и речные виды рыб, соответственно, на 54,2 и 62,3 %, 60,0 и 60,0 %, 12,5 и 31,2 %, 68,1 и 54,9 %, 60,0 и 60,0 %.

В отношении таких микроэлементов, как йод, марганец, фтор, селен, мясо большинства сельскохозяйственных животных уступает морским и речным рыбам, соответственно, в 22,5 и 1,8 раза, 3,0 и 1,1 раза, 3,3 и 9,0 раза, 1,0 и 2,0 раза. Таким образом, морская рыба является несомненным лидером среди источников йода животного происхождения.

Важно отметить, что эссенциальные макро- и микроэлементы распределяются в тканях и органах рыбы неравномерно: максимальное их количество сосредоточено не в мышцах (тушке), а во внутренних органах, таких как печень, гонады и костные структуры [36]. В мышцах накапливается преимущественно рубидий и мышьяк [37, 38].

Несмотря на то, что рубидий как микроэлемент изучен слабо, отдельные исследования указывают на его эссенциальность [39]. Последняя подтверждается развитием у человека таких заболеваний, как болезнь Альцгеймера, рак молочной железы, язвенная болезнь желудка, ишемический инсульт и других на фоне дефицита рубидия в рационе [40, 41, 42, 43].

В морских видах рыб преобладающей формой мышьяка является арсенобетаин – trimetилированное пятивалентное нетоксическое органическое соединение, накопление которого в тканях гидробионтов колеблется в зависимости от сезона года и связано с особенностями питания рыб [44, 45].

Сезонные изменения в накоплении эссенциальных микроэлементов присущи большинству видов рыб, однако морские виды гидробионтов имеют более постоянный состав, что необходимо учитывать при гигиеническом нормировании рационов в зависимости от биогеохимической ситуации в регионе проживания военнослужащих [46].

При определении доли морской рыбы в рационе военнослужащих ВС РБ, помимо биологической ценности, важным фактором является и стоимость продукта.

Так, данные Белстата за последние 10 лет показывают стабильный индекс потребительских цен по Республике Беларусь на мороженую рыбу. Лишь в феврале 2014 г. было зарегистрировано его увеличение [47].

При этом имеющиеся в открытых источниках сведения не позволяют сравнить динамику индекса потребительских цен на морскую и речную рыбу за анализируемый период (2013–2023 гг.). Данные за 2023 г. представлены на рисунках 4 и 5.

руб.

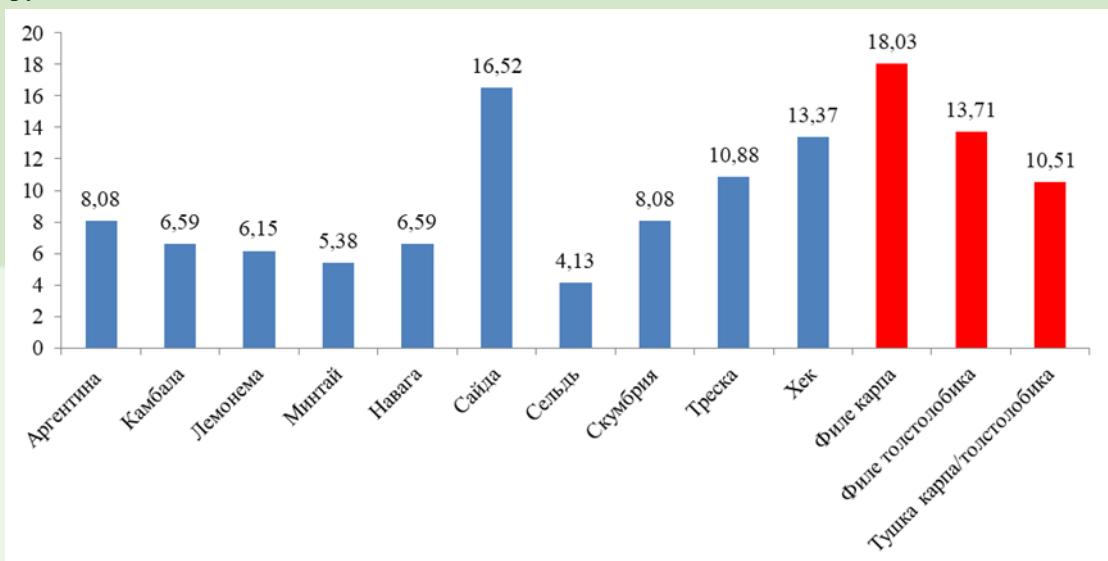


Рисунок 4 – Цены на рыбу морскую и речную (тушка), за кг в рублях, октябрь 2023 г. [48]

Из рисунка 4 видно, что 1 кг речной рыбы (рыба потрошеная без головы) в 2023 г. был в среднем в 1,64 раза дороже

морской. При этом наиболее дорогим продуктом оказалось филе карпа – 18,03 белорусских рубля за 1 кг.

руб.

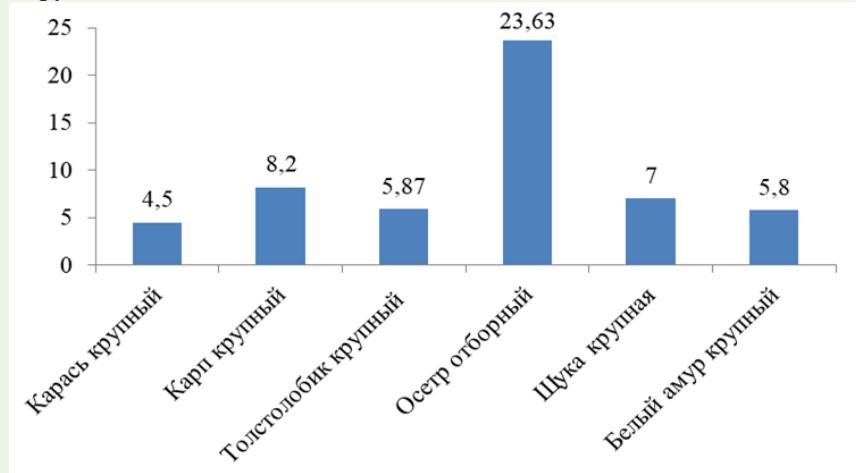


Рисунок 5 – Цены на живую рыбу, за кг в рублях, выловленную в рыбхозах Беларусь, октябрь 2023 г. [49, 50]

Цены за 1 кг живой рыбы в 2023 г. варьировались от 4,5 до 23,6 рублей. Самыми дорогими видами морских рыб оказались осетровые (рисунок 5).

При этом основным видом рыб, производимых в Республике Беларусь (удельный вес 85 %), являлся карп.

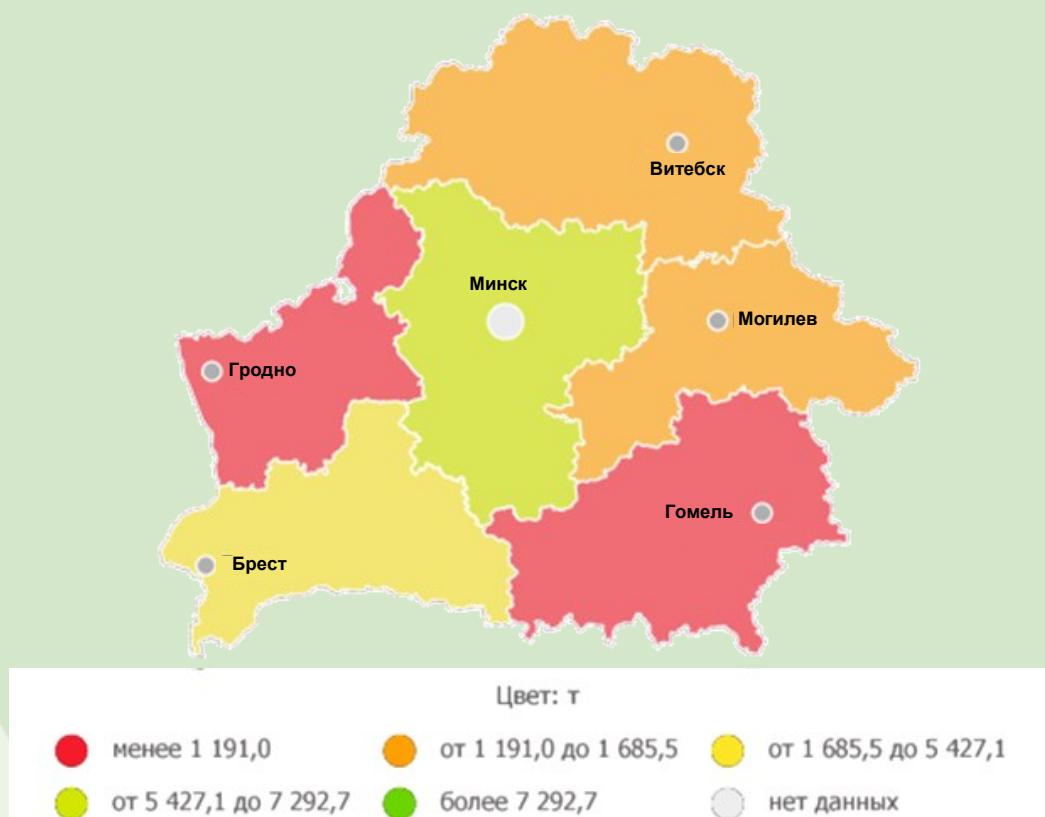


Рисунок 6 – Промысловый улов рыбы в республике с 2013 по 2022 гг., т [51]

Основной вылов рыбы сконцентрирован в хозяйствах Минской (более 7000 т) и Брестской (более 5000 т) областей. На долю остальных областей страны приходится от 1000 до 5000 т рыбы в год (рисунок 6).

При существующей конъюнктуре рынка возникает закономерный вопрос: почему рыба, выращенная в Республике Беларусь, стоит дороже импортируемой морской? По утверждению отечественных производителей, это связано с тем, что выращенная на натуральном корме рыба – продукт, отличающийся экологичностью, чистотой и высоким качеством, что определяет его стоимость. Такую рыбу, в отличие от пойманной в океане аборигенной, нужно сначала вырастить, что требует значительных затрат, и только потом выловить для реализации потребителям. Однако наряду с натуральностью производитель гарантирует безопасность отечественной рыбной продукции. Вся прудовая рыба проходит

контроль ветеринарных служб, в том числе на предмет содержания тяжелых металлов, радионуклидов, пестицидов и антибиотиков. Продукция белорусских рыбоводов по всем показателям безопасности соответствует действующим нормам [52].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рыба и рыбопродукты исконно входят в рацион военнослужащих.

На довольствие личному составу военнослужащих ВС РБ в основном закупается четыре вида рыб: минтай дальневосточный, навага дальневосточная, аргентина североатлантическая и хек тихоокеанский, на долю которых приходилось 87 % потребления.

Анализ данных химического элементного состава свидетельствует о высоком содержании эссенциальных макро- и микроэлементов как в морской, так и в речной рыбе, что позволяет рекомендовать её включение в рацион военнослужащих

наряду с мясом сельскохозяйственных животных.

Данные по сезонным изменениям содержания эссенциальных микроэлементов в морской рыбе необходимо учитывать при гигиеническом нормировании рационов в зависимости от биогеохимической ситуации в регионе проживания военнослужащих.

Стабильно высокий индекс потребительских цен на мороженую рыбу подтверждает востребованность данного продукта в рационе питания.

Рыба, произведенная в Республике Беларусь, при высокой стоимости, связанной с затратами на её выращивание, отличается безопасностью, стабильным макро- и микроэлементным составом.

## СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнова, Г. А. Индивидуальные рационы питания военнослужащих некоторых зарубежных стран / Г. А. Смирнова, Ю. В. Ищук, Е. В. Кравченко // Известия Российской Военно-морской академии. – 2020. – Т. 39, № S3-3. – С. 184–187.
2. Пищевая ценность рационов – важный вектор совершенствования питания военнослужащих / С. А. Новоселов [и др.] // Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. – 2019. – № 2. – С. 6–10.
3. Ивашикін, І. І. Обоснование необходимости нутрицевтической коррекции уровня функциональных резервов у военнослужащих срочной службу / І. І. Ивашикін, А. А. Скальныі, І. А. Куров // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 5. – С. 55–56.
4. Ивашикін, І. І. Влияние препарата цинка на динамику физического развития молодых мужчин / І. І. Ивашикін, А. А. Скальныі, І. А. Куров // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 6. – С. 49–51.
5. Баланс микроэлементов в биосистеме «человек-среда обитания» Минского региона / Н. А. Гресь [и др.] // Весц. Нац. акад. наука Беларусі. Сер. аграр. наука. – 2012. – № 4. – С. 35–41.
6. Нутриционный статус практически здоровых взрослых жителей г. Минска: уровень обеспеченности витаминами A, E, B1, B2 / Т. М. Юрага [и др.] // Здоровье и окружающая среда. – 2011. – № 17. – С. 205–211.
7. Гигиеническая оценка фактического питания курсантов / Д. И. Ширко [и др.] // Проблемы здоровья и экологии. – 2011. – № 2 (28). – С. 139–144.
8. Рагочевский, В. Э. Минеральные вещества в рационе питания призывников и студенток / В. Э. Рагочевский // Вестник ВГМУ. – 2005 – Т. 4, № 4. – С. 86–92.
9. Фатыхов, Н. А. Методические рекомендации по предложению состава перспективных рационов питания для военнослужащих ВС РФ в условиях жаркого и холодного климата / Н. А. Фатыхов, Е. В. Уточкин, А. Н. Дегтярев // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения. – 2022. – № 2 (30). – С. 33–46.
10. Состояние минеральной обеспеченности военнослужащих в условиях длительного морского похода / О. Г. Коростелева [и др.] // Известия Российской Военно-морской академии. – 2020. – Т. 39, № S3-3. – С. 68–72.
11. Нормирование питания военнослужащих в условиях повседневной деятельности / А. Л. Сметанин [и др.] // Известия Российской Военно-морской академии. – 2020. – Т. 39, № S3-1. – С. 177–181.
12. Изменения витаминного обмена у военнослужащих в длительном морском походе / А. Л. Сметанин [и др.] // Известия Российской Военно-морской академии. – 2020. – Т. 39, № S3-5. – С. 156–160.
13. Ванчугова, Е. С. Анализ рациона питания военнослужащих на основе изучения особенностей военного руда / Е. С. Ванчугова, А. С. Белезова, Р. С. Мануева // Материалы VI Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. – 2019. – С. 39–42.
14. Андреев, В. П. Состав и энергетическое содержание рационов питания военнослужащих в арктической зоне Российской Федерации / В. П. Андреев, А. И. Андриянов, Ж. В. Плахотская // Известия Российской Военно-морской академии. – 2018. – № S1. – С. 5–9.
15. Рыбник, С. А. Рацион питания военнослужащих / С. А. Рыбник, Я. В. Ильницкая, А. В. Козликін // Интеллектуальный потенциал общества как драйвер инновационного развития науки : сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. – Уфа, 2021. – С. 47–49.
16. Нормирование и контроль качества как концептуальная основа развития воинского питания: монография / А. Н. Шаронов [и др.] / ФГКВОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала А.В. Хрулева». – СПб. : Астерион, 2019. – 378 с.

17. Приказ военного министра № 346 22 марта 1899 г. // Сборник приказов военного ведомства за 1890–1900 гг. – СПб., 1901 г.
18. Веремеев, Ю. Рацион питания русского солдата 1914–17 годы / Ю. Веремеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://army.armor.kiev.ua/hist/paek-rusarm1914.shtml>. – Дата доступа: 11.11.2023.
19. Нормы суточного довольствия военнослужащих Советской Армии : приказ Министра обороны СССР № 445 1990 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://armyrus.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=662](https://armyrus.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=662). – Дата доступа: 11.11.2023.
20. Нормы продовольственного снабжения : постановление СТО № К-29сс от 06.03.1934 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rkka.ru/handbook/tyl/060334/1.htm>. – Дата доступа: 11.11.2023.
21. Якубюк, С. П. Сравнительный анализ рационов питания военнослужащих с 1899 по 2018 годы / С. П. Якубюк // Актуальные проблемы гигиены и экологии медицины: сб. мат. VI межвузовской заочной науч.-практ. конф. с междунар. участием, Гродно, 7–11 мая 2021 г. / Гродненский государственный медицинский университет ; редкол.: И. А. Наумов (глав. ред.) [и др.]. – Гродно, 2021. – С. 371–376.
22. Норма 1. Общевойсковой паек. Военный информационный портал Министерства обороны Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.mil.by/ru/forces/structure/prod/normy\\_obespechenia/](https://www.mil.by/ru/forces/structure/prod/normy_obespechenia/). – Дата доступа: 9.10.2023.
23. Романюк, А. Г. Гигиеническая оценка вклада объектов среды обитания в формировании микроэлементного статуса населения / А. Г. Романюк // Проблемы здоровья и экологии. – 2017. – № 4 (54). – С. 12–17.
24. Буранов, Н. Кухня – полевая, стол – окопный, рацион – царский. О питании русского солдата в годы Первой мировой войны / Н. Буранов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://histrf.ru/biblioteka/b/kukhnia-polievaia-stol\\_okorpuji-ratsion-tsarskii-o-pitanii-russkogho-soldata-v-ghody-pierevoi-mirovoi-voiny](https://histrf.ru/biblioteka/b/kukhnia-polievaia-stol_okorpuji-ratsion-tsarskii-o-pitanii-russkogho-soldata-v-ghody-pierevoi-mirovoi-voiny). – Дата доступа: 11.11.2023.
25. Белькевич, И. А. Инвазированность морского и океанического гидробионта личинками цестоды *Nybelinia surmenicola* / И. А. Белькевич, И. Н. Krakovskaya // Экология и животный мир. – 2023. – № 2. – С. 46–52.
26. Ковековдова, Л. Т. Микроэлементы в морских промысловых объектах дальнего востока России : дисс. ... д-ра биол. наук : 03.02.08 / Л. Т. Ковековдова ; ГОУВПО «Дальневосточный государственный университет». – Владивосток, 2011. – 306 л.
27. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник / В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.
28. Товароведение рыбы и рыбных продуктов: учебно-методическое пособие для студентов по специальности 1-74 03 04 «Ветеринарная санитария и экспертиза» / М. П. Бабина, А. Г. Кошинеров. – Витебск : ВГАВМ, 2015. – 117 с.
29. Быкова, В. М. Справочник по холодильной обработке рыбы / В. М. Быкова, З. И. Белова. – М. : Агропромиздат, 1986. – 208 с.
30. Распределение микроэлементов в тканях и органах Дальневосточной Наваги *Eleginus Gracilis* (*Tilesius*, 1810) / Ю. Н. Полтев [и др.] // Известия ТИНРО. – 2022. – С. 894–905.
31. Морозов, Н. П. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана : монография / Н. П. Морозов, С. А. Петухов. – М. : Агропромиздат, 1986. – 160 с.
32. Яблоков, Н. О. Распределение металлов в красной и белой осевой мускулатуре трех видов рыб Красноярского водохранилища / Н. О. Яблоков // Фундаментальная и клиническая медицина. – 2022. – Т. 7, № 1. – С. 8–16.
33. Микроэлементный состав тканей некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого (бухта Северная) / Н. И. Стеблевская [и др.] // Вестник ДВО РАН. – 2011. – № 5. – С. 127–132.
34. Филенко, О. Ф. Основы водной токсикологии : монография / О. Ф. Филенко, И. В. Михеева – М. : Колос, 2007. – 144 с.
35. Микроэлементы в тканях некоторых видов гидробионтов залива Петра Великого / Е. А. Жадъко [и др.] // Ихиология. Экология. Научные труды Далярбвтуза. – 2013. – Т. 30. – С. 19–27.
36. Моисеенко, Т. И. Рассеянные элементы в поверхностных водах суши. Технофильтность, биоаккумуляция и экотоксикология : монография / Т. И. Моисеенко, Л. П. Кудрявцева, Н. А. Гашкина. – М. : Наука, 2006. – 261 с.
37. Пономорева, Н. А. Содержания рубидия и теллура, в почве, кормах и органах крупного рогатого скота разного возраста в условиях лесостепной зоны Омской области / Н. А. Пономорева,

*И. П. Степанова, И. В. Конева // Омский научный вестник. Биологические, ветеринарные и сельскохозяйственные науки. – 2006. – № 5 (41). – С. 157–161.*

38. Пономорева, Н. А. Содержания рубидия в органах, тканях и биологических жидкостях крупного рогатого скота / Н. А. Пономорева, И. П. Степанова, А. Я. Рябиков // Омский научный вестник. Биологические науки. – 2003. – № 3 (24). – С. 143–146.

39. Гигиеническая оценка пищевого потребления рубидия взрослым населением Омской области / А. В. Брусянова [и др.] // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 430–444.

40. Дисбаланс химических элементов при болезни Альцгеймера / А. В. Суханов [и др.] // Бюллентень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2006. – № 26(4). – С. 121–123.

41. Urinary rubidium in breast cancers / Su Y [et al.] // Clin Chim Acta. – 2011. – № 412 (23–24). – Р. 2305–2309. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2011.08.035>.

42. Гаскина, Т. К. Характеристика микроэлементного состава волос пациентов с язвенной болезнью до и после лечения / Т. К. Гаскина // Бюллентень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2009. – № 29 (3). – С. 64–69.

43. Профили уровней микроэлементов в отделах головного мозга и в ликворе при ишемическом повреждении головного мозга / З. К. Зангиева [и др.] // Медицинский алфавит. – 2013. – № 4 (22). – С. 22–27.

44. Isolation, crystal structure and synthesis of arsenobetaine, the arsenical constituents of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George / J. S. Edmonds [et al.] // Tetrahedron Letters. – 1977. – Vol. 18, Iss. 18. – P. 1543–1546. – DOI: 10.1016/S0040-4039(01)93098-9.

45. Novikov, M. A. Arsenic content in commercial fish of the Barents Sea (according to long-term data) / M. A. Novikov, E. A. Gorbacheva, A. M. Lapteva // Izv. TINRO. – 2021. – Vol. 201, Iss. 3. – Р. 833–844.

46. Палагина, И. А. Сезонные изменения токсичных микроэлементов в мороженой рыбе различных пород / И. А. Палагина, Г. И. Касьянов, Т. С. Шаманова // Известия ВУЗов. Пищевая технология. – 2001. – № 5-6. – С. 79–80.

47. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/tseny/potrebitelskie-tseny/operativnye-dannye/indeks-potrebitelskikh-tsen-po-respublike-belarus-za-otchetnyy-mesyats-po-otnosheniyu-k-sootvetstvuuyu>. – Дата доступа: 30.10.2023.

48. Свежая рыба и морепродукты с доставкой по Беларуси. Замороженная рыба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://goodfish.by/catalog/zamorozhennaya-ryba>. – Дата доступа: 30.10.2023.

49. Наша продукция ОАО «Рыбхоз «НОВИНКИ»» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novinkifish.by/catalog>. – Дата доступа: 10.11.2023.

50. Прайс-лист ОАО «Опытный рыбхоз «Селец»» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://selec.by/node/4>. – Дата доступа: 10.11.2023.

51. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dataportal.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 10.11.2023.

52. Где в Беларуси производят свежую рыбную продукцию. Рассказываем про объединение «Белводхоз» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mlyn.by/12112022/gde-v-belarusi-proizvodyat-svezhnuuyu-rybnuuyu-produktsiyu-rasskazyvaem-pro-obedinenie-belvodhodz>. – Дата доступа: 10.11.2023.

Laiqing Li, chairman of the board<sup>1,2</sup>

Cuicui Chen, project manager<sup>2</sup>

Huankun Liang, quality manager<sup>1,2</sup>

Zhong Shuhai, head of research and development department<sup>1,2</sup>

Leontiev V.N., candidate of technical sciences<sup>1</sup>

Voitov I.V., doctor of technical sciences, professor<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Guangzhou Youdi Bio-technology Co., Ltd., Guangzhou, China

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University, Minsk, Republic of Belarus

## ESTABLISHMENT OF AN INDIRECT ELISA METHOD FOR DETECTING CANINE DISTEMPER VIRUS ANTIBODIES

### Summary

*Canine distemper virus (CDV) can cause acute infectious diseases in various carnivorous animals. This study aims to develop an indirect ELISA method for CDV antibody detecting.*

*Using the purified recombinant CDV antigens as coating agents, and after optimizing the conditions, a preliminary ELISA detection method for CDV specific antibodies was established. The optimal coating concentration of recombinant CDV antigen at 2,0 µg/mL 100 µL/well, overnight coating at 4 °C, blocking at 4 °C for 4 h, serum dilution at 1: 200 and incubation at 37 °C for 1,5 h or 2 h, or 4 °C overnight. No cross-reactivity was observed with CPIV, CAV-1, and CCV antibody-positive serum, indicating good specificity. Both intra-batch and inter-batch CVs were below 5 %, and the detection sensitivity reached 1:500.*

**Keywords:** indirect ELISA, canine distemper virus, antibody, method, animal infectious diseases.

### Резюме

*Вирус чумы собак (CDV) может вызывать острые инфекционные заболевания у различных плотоядных животных. Целью данного исследования является разработка непрямого метода ИФА для обнаружения антител к CDV.*

*Используя очищенные рекомбинантные антигены CDV в качестве покрывающих агентов и после оптимизации условий, был разработан предварительный метод ELISA-детектирования антител, специфичных к CDV. Оптимальная концентрация рекомбинантного антигена CDV в покрытии при 2,0 мкг/мл, 100 мкл/лунка, нанесение покрытия на ночь при 4 °C, блокирование при температуре 4 °C в течение 4 часов, разведение сыворотки 1:200 и инкубация при температуре 37 °C в течение 1,5 часов или 2 часов либо 4 °C в течение ночи. Перекрестной реактивности с сывороткой, положительной по антителам к CPIV, CAV-1 и CCV, не наблюдалось, что указывает на хорошую специфичность. Коэффициент вариации как внутри, так и между партиями был ниже 5 %, а чувствительность обнаружения достигала 1:500.*

**Ключевые слова:** непрямой ИФА, вирус чумы собак, антитела, метод, инфекционные болезни животных.

Received by the editor 08.05.2024

### INTRODUCTION

Canine distemper virus (CDV) is an acute, highly contagious, and febrile infectious disease, has emerged as a significant disease of wildlife and dogs [1]. Initially, CDV was described as an infectious disease of domestic dogs [2]. Further researches found that CDV can also naturally infects a variety of animals such as primates, macaques, and seals. So that, CDV is now recognized as a global multi-host pathogen, infecting and causing mass mortalities in a wide range of carnivore species [3]. In the past decade, a large number of CDV outbreaks have occurred in a variety of wild ani-

mal populations, causing serious damage and losses [4–6]. Therefore, surveillance and vaccination among all susceptible animals are warranted to protect animals. For us, laboratory analyses must be completed by multiple methods to determine etiology of possible interspecific viral infection, eg. RT-qPCR assay, immunohistochemistry, immunological methods etc. More, simpler, and cheaper test reagents will be more suitable for promotion worldwide.

ELISA is one of the most specific and straightforward assays for detecting biomolecules in research and clinics. Besides routine

laboratory usage, ELISA has been utilized in food industry as quality control tools [7]. With advances in analytical methods, ELISA assay has been constantly optimized to improve its specificity and sensitivity. At present, ELISA is the most commonly used immunological testing method. In this study, we aims to establish a convenient ELISA method for CDV antibody detection. In the early stage, our team has prepared the recombinant CDV antigen (a recombinant protein linked by the H and F protein sequences of CDV through a flexible linker peptide (GGGGS)<sub>n</sub> and expressed in prokaryotic cells), and verified its detection ability [8]. Using these self-made recombinant CDV antigen, we established a more convenient ELISA method, and demonstrated its high repeatability, specificity and sensitivity.

## MATERIALS AND METHODS

**Antigen, serum, reagents and samples.** Recombinant CDV antigen (a recombinant protein linked by the H and F protein sequences of CDV through a flexible linker peptide (GGGGS)<sub>n</sub> and expressed in prokaryotic cells). carbonate buffer (pH 9,6), 0,01 mol/L phosphate buffer solution (PBS), washing buffer (PBS+0,05 % tween 20, PBST) and TMB coloring solution are self prepared in the laboratory. 96-well microtiter plate purchased from Costar. iMark microplate reader purchased from BIO-RAD. 10 positive, 36 negative serum samples of CDV, the positive serum samples of canine parainfluenza virus (CPIV), canine adenovirus type 1 (CAV-1), and canine coronavirus (CCV) were all provided by Guangzhou fumao animal hospital.

**Preliminary establishment of indirect ELISA.** Diluted the recombinant CDV antigen with the carbonate buffer (pH 9,6), and then transferred into 96-well microtiter plate with 100 µL/well, 100 ng/well. After overnight coating at 4 °C, discarded the coating liquid and took excess residual liquid on absorbent paper, and added 150 µL 5 % skimmed milk to each well, blocked at 37 °C for 2 h. Then, discarded skim milk and added 150 µL PBST to wash for 2 min, washing repeat 3 times; After the microtiter plate was wrapped, it can be directly used or packaged in a self sealing bag, and then inverted in a -20 °C refrigerator for backup.

Test procedure: Diluted CDV positive serum with PBS at a ratio of 1:100 and add it

into the coated well, 100 µL/well, and then incubated 2 h. After that, washed 3 times with PBST, added commercial secondary antibody (1:5000 in PBS) into the well and incubated for 1 h, 100 µL/well. Then, washed 3 times with PBST, added 100 µL TMB to each well and incubated for 10 min. Finally, 50 µL 2 mol/L H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> to terminate the reaction, and immediately detected the OD<sub>450</sub> value in a microplate reader. The entire ELISA process was conducted at room temperature.

### Optimization of indirect ELISA

**1. Optimization of coating concentration.** Diluted the recombinant CDV antigen to 0,25, 0,50, 1,0, 1,5, 2,0, 5,0 µg/mL, added (100 µL/well) and coated the 96-well microtiter plate, respectively. Performed the indirect ELISA according to the above «Test procedure» and obtained OD<sub>450</sub>, then calculated P/N, and determined the coating concentration corresponding to the maximum P/N.

**2. Optimization of coating temperature and time.** Coated the 96-well microtiter plate with the optimal concentration of coated protein, incubated at 4 °C for 2 h, 4 °C for 4 h, 37 °C for 1 h, 37 °C for 2 h and 4 °C overnight, respectively. Performed the indirect ELISA according to the above «Test procedure» and obtained OD<sub>450</sub>, then calculated P/N, and determined the coating temperature and time corresponding to the maximum P/N.

**3. Optimization of blocking conditions.** Blocked the 96-well microtiter plate at 4 °C for 2 h, 4 °C for 4 h, 4 °C overnight, 37 °C for 1 h, 37 °C for 2 h, and 37 °C 3 h, respectively. Performed the indirect ELISA according to the above «Test procedure» and obtained OD<sub>450</sub>, then calculated P/N, and determined the blocking conditions corresponding to the maximum P/N.

**4. Optimization of serum incubation conditions.** Incubated the positive serum at room temperature for 0,5 h, 1,0 h, 1,5 h, 2,0 h and 4 °C overnight, respectively. Performed the indirect ELISA according to the above «Test procedure» for other steps and obtained OD<sub>450</sub>, then calculated P/N, and determined the serum incubation conditions corresponding to the maximum P/N.

**5. Optimization of serum dilution.** Diluted the positive serum with PBS at 1:100, 1:200, 1:400, 1:800, 1:1000, and 1:2000. Performed the indirect ELISA according to the above optimal conditions, calculated P/N ra-

tion, and determined the optimized serum dilution corresponding to the maximum P/N.

#### Determination of the negative and positive critical values for indirect ELISA

According to the optimized detection steps, ELISA was performed on 36 negative serum samples, and the critical value of ELISA negative/positive was obtained by calculating the mean and standard deviation (SD).

#### Repeatability of indirect ELISA

To verify the repeatability of the indirect ELISA, 96-well microtiter plate coated in one batch and three different batches were randomly selected for repeatability valuation. 5 CDV positive serum samples were simultaneously detected using the same batch and different batches microtiter plate.

#### Specificity of indirect ELISA

To explore the specificity of the indirect ELISA, the positive (10 cases)/negative (36 cases) serum samples of CDV, the positive se-

rum sample of CPIV, CAV-1, and CCV were selected for this indirect ELISA.

#### Sensitivity of indirect ELISA

Diluted 10 CDV positive serum samples at 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500, and 1:600, as the samples, performed the ELISA to evaluate its sensitivity.

### RESULTS AND DISCUSSION

#### Optimization results of the indirect ELISA

**1. Optimization results of coating concentration.** The ELISA results showed that when the protein concentration of the recombinant CDV antigen 2,0 µg/mL, the positive serum OD<sub>450</sub> value was 0,82, the negative serum OD<sub>450</sub> value was 0,098, and the corresponding P/N value was maximum (8,37, table 1). Therefore, the optimal coating concentration for the recombinant CDV antigen was determined to be 2,0 µg/mL.

Table 1 – Optimization results of coating concentration

Serum	Recombinant CDV antigen concentration (µg/mL)					
	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	5,0
Positive(P)	0,32	0,45	0,58	0,78	<b>0,82</b>	0,85
Negative(N)	0,078	0,086	0,092	0,096	<b>0,098</b>	0,11
P/N	4,10	5,23	6,30	8,13	<b>8,37</b>	7,73

**2. Optimization results of coating temperature and time.** The ELISA results showed that when coating condition of the recombinant CDV antigen was 4 °C overnight, the positive serum OD<sub>450</sub> value was 0,83, and

the negative serum OD<sub>450</sub> value was 0,092, and the corresponding P/N value maximum (9,02, table 2). Therefore, the optimal coating condition was determined to be 4 °C overnight.

Table 2 – Optimization results of coating temperature and time

Serum	Antigen coating condition				
	4 °C 2 h	4 °C 4 h	37 °C 1 h	37 °C 2 h	4 °C overnight
Positive(P)	0,32	0,45	0,52	0,79	<b>0,83</b>
Negative(N)	0,059	0,072	0,078	0,094	<b>0,092</b>
P/N	5,42	6,25	6,67	8,40	<b>9,02</b>

**3. Optimization results of blocking conditions.** The ELISA results showed that when blocking condition was 4 °C 4 h, the positive serum OD<sub>450</sub> value was 0,81, and the

negative serum OD<sub>450</sub> value was 0,095 and the corresponding P/N value maximum (8,53, table 3). Therefore, the optimal blocking condition was determined to be 4 °C 4 h.

Table 3 – Optimization results of blocking conditions

Serum	Blocking condition					
	4 °C 2 h	4 °C 4 h	4 °C overnight	37 °C 1 h	37 °C 2 h	37 °C 3 h
Positive(P)	0,65	<b>0,81</b>	0,76	0,69	0,84	0,72
Negative(N)	0,25	<b>0,095</b>	0,096	0,21	0,11	0,097
P/N	2,6	<b>8,53</b>	7,92	3,29	7,64	7,42

**4. Optimization results of serum incubation conditions.** The ELISA results showed that when serum incubation conditions were room temperature 1,5 h and 2,0 h, 4 °C overnight, their corresponding P/N value was

9,14, 9,13 and 9,13, respectively, which are very close (table 4). Therefore, the optimal serum incubation conditions was determined to be room temperature 1,5 h or 2,0 h, or 4 °C overnight.

Table 4 – Optimization results of serum incubation conditions

Serum	Serum incubation condition				
	0,5 h	1,0 h	1,5 h	2,h	4 °C overnight
Positive(P)	0,52	0,74	<b>0,85</b>	<b>0,84</b>	<b>0,84</b>
Negative(N)	0,091	0,092	<b>0,093</b>	<b>0,092</b>	<b>0,092</b>
P/N	5,71	8,04	<b>9,14</b>	<b>9,13</b>	<b>9,13</b>

**5. Optimization results of serum dilution.** The ELISA results showed that when the serum dilution was 1:200, the positive serum OD<sub>450</sub> value was 1,85, the negative serum

OD<sub>450</sub> value was 0,12, and the corresponding P/N value maximum (15,42, table 5). Therefore, the optimal serum dilution was determined to be 1:200.

Table 5 – Optimization results of serum dilution

Serum	Serum dilution					
	1:100	<b>1:200</b>	1:400	1:800	1:1000	1:2000
Positive(P)	2,13	<b>1,85</b>	0,92	0,33	0,25	0,11
Negative(N)	0,31	<b>0,12</b>	0,098	0,088	0,087	0,09
P/N	6,87	<b>15,42</b>	9,39	3,75	2,87	1,22

#### Determination results of the negative and positive critical values for indirect ELISA

36 negative serum samples were tested according to the optimal conditions, the mean OD<sub>450</sub> value was 0,11, with the standard deviation was 0,018. The critical values of the negative and positive are as follows: when the OD<sub>450</sub> value > mean + 3×SD = 0,17, it is considered positive; when the OD<sub>450</sub> value < mean + 2×SD = 0,15, it is considered negative, and between the two values, it is considered suspicious samples.

#### Repeatability results of indirect ELISA

5 positive serum samples were tested using 96-well microtiter plate prepared from the same batch, repeated 5 times in each sample. The results showed that the coefficient of variation (CV) ranged from 1,70 % to 3,56 %, all less than 5 %, indicating the repeatability of the intra-batch was good; 5 positive serum samples were tested using 96-well microtiter plate prepared from the three different batches, repeated 5 times in each sample. The results showed that CV ranged from 2,57 % to 4,55 %, all less than 5 %, indicating the repeatability of the inter-batch was good. The results were shown in table 6.

Table 6 – Repeatability results of indirect ELISA

№	Intra-batch			Inter-batches		
	mean	SD	CV	mean	SD	CV
1	1,83	0,031	1,70	1,826	0,053	2,91
2	1,74	0,026	1,49	1,716	0,048	2,81
3	2,02	0,042	2,07	2,014	0,052	2,57
4	2,16	0,04	1,85	2,146	0,074	3,43
5	2,0988	0,075	3,56	2,046	0,093	4,55

### **Specificity results of indirect ELISA**

Table 7 showed that OD<sub>450</sub> values of CPIV, CAV-1, and CCV positive serum and 36 CDV negative serums were all lower than

0,15, while the OD<sub>450</sub> value of 10 CDV positive serums were all higher than 0,17, indicating the indirect ELISA has high specificity to CDV antibody.

Table 7 – Specificity results of indirect ELISA

Serum	P CDV	N CDV	CPIV	CAV-1	CCV
OD <sub>450</sub>	All>0,17	All<0,15	0,095	0,13	0,14
P or N	P	N	N	N	N

### **Sensitivity results of indirect ELISA**

Tested 10 positive serum samples at the dilution of 1:100, 1:200, 1:300, 1:400, 1:500, and 1:600, respectively. ELISA results

showed that the positive serum still was positive at 1:500 dilution (OD<sub>450</sub>> 0,17, table 8), indicating the indirect ELISA has high sensitivity.

Table 8 – Sensitivity results of indirect ELISA

№	Serum dilution					
	1:100	1:200	1:300	1:400	1:500	1:600
1	2,34	2,12	1,85	1,24	<b>0,74</b>	0,36
2	1,82	1,6	1,27	0,68	<b>0,42</b>	0,23
3	2,51	2,46	2,07	1,64	<b>1,16</b>	0,67
4	1,78	1,28	1,03	0,66	<b>0,43</b>	0,19
5	2,14	1,79	1,46	0,86	<b>0,48</b>	0,24
6	2,25	1,89	1,62	0,94	<b>0,57</b>	0,22
7	1,48	1,01	0,75	0,52	<b>0,39</b>	0,14
8	1,82	1,45	1,17	0,84	<b>0,51</b>	0,27
9	2,23	2,07	1,67	1,20	<b>0,69</b>	0,37
10	2,11	1,90	1,47	1,06	<b>0,84</b>	0,53

CDV is a highly contagious and fatal systemic disease in free-living and captive carnivores worldwide. CDV-infected animals may simultaneously or sequentially develop respiratory, gastrointestinal, dermatologic [9]. The widespread clinical symptoms hampers early and accurate clinical diagnosis of CDV [10]. Therefore, rapid and accurate diagnosis of CDV will help to implement appropriate strategies in time to prevent the outbreak of CDV. Molecular detection techniques are cold chain dependent and require relatively expensive equipment with experienced technicians, making them difficult to implement on-site and in underdeveloped areas [11]. A simple, rapid, accurate and user-friendly platform is needed for early basic detection of CDV infection. ELISA is precisely such a method, also with more cost-effective [12, 13]. This study established a indirect ELISA, which was conducted at room temperature, with the entire detection process taking only 2 hours and requiring no professional equipment or experienced technicians. This indirect ELISA is a

simple, rapid and user-friendly detection tool for early diagnosis of CDV infection.

ELISA techniques are broadly classified into direct, indirect, competitive and sandwich ELISA [14]. Indirect ELISA method is the most common method of antibody detection. The principle is to detect antibodies that have been bound to the solid phase by using antibodies labeled with enzymes. This method only requires the replacement of different solidphase antigens, the antibodies against various antigens can be detected with an enzyme labeled antibody [15]. The indirect ELISA method revealed efficient detection and promising application prospects in various virus antibody tests, eg. African swine fever virus antibodies [16], duck hepatitis A virus type 1 antibodies [17], Pseudorabies (Aujeszky disease) virus antibodies [18], which making them ideal for epidemiological surveillance. In CDV antibody detection, indirect ELISA also revealed efficient detection and promising application prospects: all CVs below 5 %, high specificity to CDV antibody, and sensitivity reached 1:500.

Overall, the detection of anti-CDV antibodies with indirect ELISA demonstrated good repeatability, specificity and sensitivity, which provide a simple, rapid and user-friendly detection tool that is suitable for CDV antibody detection and epidemiological surveillance.

## CONCLUSION

The development of indirect ELISA method for CDV antibodies provided a reference for clinical diagnosis and lays a foundation for effective monitoring of CDV infection.

## LIST OF SOURCES CITED

1. Martella V., Elia G., Buonavoglia C.. *Canine distemper virus*. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2008;38(4):787-97, vii-viii. doi: 10.1016/j.cvsm.2008.02.007.
2. Rendon-Marin S., da Fontoura Budaszewski R., Canal C.W., Ruiz-Saenz J. *Tropism and molecular pathogenesis of canine distemper virus*. *Virol J.* 2019;16(1):30. doi: 10.1186/s12985-019-1136-6.
3. Loots A.K., Mitchell E., Dalton D.L., Kotzé A., Venter E.H. *Advances in canine distemper virus pathogenesis research: a wildlife perspective*. *J Gen Virol.* 2017;98(3):311-321. doi: 10.1099/jgv.0.000666.
4. Woo G.H., Jho Y.S., Bak E.J. *Canine distemper virus infection in fennec fox (*Vulpes zerda*)*. *J Vet Med Sci.* 2010 Aug;72(8):1075-9. doi: 10.1292/jvms.09-0510.4.
5. Stancu A.C., Voia O.S., Boldura O.M., Pasca S.A., Luca I., Hulea A.S., Ivan O.R., Dragorescu A.A., Lungu B.C., Hutu I. *Unusual Canine Distemper Virus Infection in Captive Raccoons (*Procyon lotor*)*. *Viruses.* 2023;15(7):1536. doi: 10.3390/v15071536.
6. Feng N., Yu Y., Wang T., Wilker P., Wang J., Li Y., Sun Z., Gao Y., Xia X. *Fatal canine distemper virus infection of giant pandas in China*. *Sci Rep.* 2016;6:27518. doi: 10.1038/srep27518.5.
7. Lin A.V. *Direct ELISA*. *Methods Mol Biol.* 2015;1318:61-7. doi: 10.1007/978-1-4939-2742-5\_6.
8. Chen C.C., Lai H.R., Liang H.K. [et al]. *Establishment and preliminary application of time-resolved immunofluorescence analysis method for canine distemper virus*. *Chinese Journal of Preventive Veterinary Medicine*, 2020, 42(3): 258-262.
9. Beineke A., Puff C., Seehusen F., Baumgärtner W. *Pathogenesis and immunopathology of systemic and nervous canine distemper*. *Vet Immunol Immunopathol.* 2009;127(1-2):1-18. doi: 10.1016/j.vetimm.2008.09.023.
10. Wang J., Wang J., Li R., Liu L., Yuan W. *Rapid and sensitive detection of canine distemper virus by real-time reverse transcription recombinase polymerase amplification*. *BMC Vet Res.* 2017;13(1):241. doi: 10.1186/s12917-017-1180-7.
11. Sarchahi A. A., Arbab M., Mohebalian H. *Detection of canine distemper virus in cerebrospinal fluid, whole blood and mucosal specimens of dogs with distemper using RT-PCR and immunochromatographic assays*. *Vet Med Sci.* 2022;8(4):1390-1399. doi: 10.1002/vms3.790.
12. Knight A.R., Taylor E.L., Lukaszewski R., Jensen K.T., Jones H.E., Carré J.E., Isupov M.N., Littlechild J.A., Bailey S.J., Brewer E., McDonald T.J., Pitt A.R., Spickett C.M., Winyard P.G. *A high-sensitivity electrochemiluminescence-based ELISA for the measurement of the oxidative stress biomarker, 3-nitrotyrosine, in human blood serum and cells*. *Free Radic Biol Med.* 2018;120:246-254. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.026.
13. Tan Y., Pang W., Jia X., Zhao M.H. *Comparison of the performance of a chemiluminescence assay and an ELISA for detection of anti-GBM antibodies*. *Ren Fail.* 2020;42(1):48-53. doi: 10.1080/0886022X.2019.1702056.
14. Hayrapetyan H., Tran T., Tellez-Corrales E., Madiraju C. *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay: Types and Applications*. *Methods Mol Biol.* 2023;2612:1-17. doi: 10.1007/978-1-0716-2903-1\_1.
15. Kohl T.O., Ascoli C.A. *Indirect Immunometric ELISA*. *Cold Spring Harb Protoc.* 2017 May 1;2017(5). doi: 10.1101/pdb.prot093708.
16. Li L., Qiao S., Liu J., Zhou Y., Tong W., Dong S., Liu C., Jiang Y., Guo Z., Zheng H., Zhao R., Tong G., Li G., Gao F. *A highly efficient indirect ELISA and monoclonal antibody established against African swine fever virus pK205R*. *Front Immunol.* 2023;13:1103166. doi: 10.3389/fimmu.2022.1103166.
17. Li J., Cao Y., Wang M., Cheng A., Ou X., Mao S., Sun D., Liu M., Zhang S., Zhao X.X., Jia R., Yang Q., Wu Y., Zhu D., Chen S., Huang J., Gao Q., Tian B. *Development of an indirect ELISA method based on the VP4 protein for detection antibody against duck hepatitis A virus type 1*. *J Virol Methods.* 2022;300:114393. doi: 10.1016/j.jviromet.2021.114393.
18. Cheng T.Y., Magtoto R., Henao-Díaz A., Poonsuk K., Buckley A., Van Geelen A., Lager K., Zimmerman J., Giménez-Lirola L. *Detection of pseudorabies virus antibody in swine serum and oral fluid specimens using a recombinant gE glycoprotein dual-matrix indirect ELISA*. *J Vet Diagn Invest.* 2021;33(6):1106-114. doi: 10.1177/10406387211040755.