

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента доктора ветеринарных наук, профессора Козыренко Ольги Вячеславовны, профессора кафедры эпизоотологии имени Урбана В.П. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины» на диссертационную работу Захаровой Ольги Игоревны на тему «Эпизоотологический мониторинг и разработка прогностических пространственных моделей инфекционных болезней животных», представленную на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук по специальности 4.2.3 «Инфекционные болезни и иммунология животных» в диссертационный совет 36.1.002.01 на базе ФГБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных»**

**Актуальность темы диссертации.** Диссертационная работа Захаровой О.И. направлена на создание пространственных прогностических моделей с использованием регрессионного анализа для изучения вспышек инфекционных заболеваний, таких как африканская чума свиней, лептоспироз и бешенство животных. Тема исследования чрезвычайно актуальна, поскольку новые и возвращающиеся инфекции представляют серьезную угрозу для продовольственной безопасности, экономики сельского хозяйства и санитарно-эпидемиологического состояния. В условиях роста животноводства, расширения международной торговли и значительного антропогенного влияния традиционные методы борьбы с инфекциями часто оказываются неэффективными, что требует внедрения инновационных подходов, включая информационные технологии для прогнозирования.

В последние годы особенно остро стоят проблемы таких инфекционных заболеваний животных, как африканская чума свиней (АЧС) и бешенство. Лептоспироз также остается актуальной угрозой. Эти болезни, несмотря на различия в экологии возбудителей и механизмах передачи, продолжают расширять свои ареалы.

Эти и многие другие инфекции животных создают значительные трудности ветеринарных служб в их искоренении. Заболеваемость лептоспирозом сохраняется на высоком уровне во всем мире. Однако механизмы его распространения в различных регионах страны остаются малоизученными. Высокая устойчивость вируса АЧС во внешней среде значительно усложняют борьбу с болезнью, требуя разработки принципиально новых подходов для стратегии ликвидации. Бешенство представляет серьезную угрозу как для сельскохозяйственных и домашних животных, так и для человека в результате циркуляции вируса в популяциях диких плотоядных, бешенство представляет серьезную угрозу заражения сельскохозяйственных и домашних животных, а также людей.

Перечисленные инфекции объединяет сложная пространственно-временная структура эпизоотического процесса. Она во многом зависит от ландшафтно-

климатических условий, плотности и видового состава восприимчивых животных, а также от антропогенных факторов. Поэтому традиционные методы эпизоотологического анализа, основанные на ретроспективной статистике заболеваемости, не всегда позволяют своевременно выявлять зоны риска и прогнозировать появление новых очагов.

В контексте современной ветеринарной эпизоотологии разработка и внедрение прогностических пространственных моделей, основанных на статистическом моделировании, представляют собой актуальное и перспективное направление исследований. Интеграция этих передовых методов в систему эпизоотологического мониторинга не только способствует повышению точности прогнозов, но и закладывает методологическую основу для перехода к персонализированному управлению противоэпизоотическими мероприятиями в территориальном масштабе. Прогностические модели формируют базу для создания автоматизированных систем поддержки принятия решений, что особенно значимо в условиях временных ограничений реагирования на вспышки особо опасных инфекций.

Следовательно, диссертационная работа Захаровой О.И., посвященная разработке прогностических пространственных моделей для инфекционных заболеваний животных представляет собой актуальную задачу, обусловленную необходимостью ветеринарной науки и практики для прогнозирования и управления эпизоотическими рисками.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций в диссертации.** Диссертационная работа Захаровой О.И. является оригинальным научным исследованием, степень достоверности разработанных прогностических моделей подтверждена многими методами статистического моделирования, включающих достаточный объем выборки исследуемых образцов, переменных факторов. Работа в полной мере охватывает современные методы статистического моделирования для создания прогноза эпизоотической ситуации по актуальным инфекциям в регионах России. Включены такие разработки моделей как MaxEnt, основанная на максимальной энтропии (информации) о присутствии очагов болезни в зависимости от природно-географических факторов, логистической и отрицательной биномиальных регрессий, модели временных рядов.

Захарова О.И. провела обширный анализ литературы на тему прогностического моделирования и его значения для ветеринарных специалистов для планирования противоэпизоотических мероприятий. Научные положения, выносимые на защиту, соответствуют поставленным целям и задачам. Выводы являются логическими и обоснованными.

**Научная новизна.** С использованием разработанных регрессионных моделей осуществлен количественный анализ влияния различных факторов на эпизоотическую обстановку, что позволило провести детальное зонирование

неблагополучных субъектов Российской Федерации по ключевым детерминантам эпизоотического процесса бешенства животных, африканской чумы свиней, а также лептоспироза.

В рамках комплексного исследования лептоспироза сельскохозяйственных животных в Арктической зоне Российской Федерации впервые были выявлены и систематизированы ключевые факторы, способствующие возникновению и распространению инфекции. Для достижения этой цели была применена модель максимальной энтропии (MaxEnt), что позволило с высокой степенью точности оценить пригодность территории Республики Саха (Якутия) для формирования новых очагов болезни в современных условиях климата и прогнозируемого сценария глобального потепления.

С помощью обобщённой логистической регрессии были определены пространственные закономерности возникновения африканской чумы свиней (АЧС) в Самарской и Нижегородской областях, включая связь вспышек с перемещением животных и продукции свиноводства. На основе отрицательной биномиальной регрессии разработана прогностическая модель распространения АЧС среди диких кабанов.

Также была изучена динамика распространения бешенства среди диких животных. Для этого использовался регрессионный анализ, который позволил выявить зависимость регистрации очагов болезни от природно-климатических условий, численности популяций и объёмов вакцинации животных.

**Практическая значимость результатов работы.** Благодаря прогностическому моделированию вспышек лептоспироза, бешенства и африканской чумы свиней удалось значительно расширить научные знания о закономерностях распространения представленных болезней на территории России. В рамках исследования определены и обобщены ведущие экологические, демографические и социальные детерминанты, влияющие на возникновение и распространение заболеваний в изучаемых регионах. Полученные результаты легли в основу ранжирования субъектов Российской Федерации по уровню эпизоотического риска, что послужило прочным фундаментом для совершенствования методологии пространственно-временного анализа эпизоотической обстановки.

По практической значимости исследований диссертационной работы можно выделить следующие моменты: разработанные прогностические модели позволяют выявлять территории с повышенным риском возникновения вспышек, что имеет определяющее значение для планирования профилактических мероприятий и контроля вспышек инфекционных болезней животных. Полученные данные могут быть интегрированы в стратегии эпизоотологического мониторинга и интервенций, способствуя снижению экономического ущерба и социальных последствий, связанных с эпизоотиями особо опасных болезней.

С практической точки зрения ценность диссертационного исследования определяется возможностью использования разработанных прогностических моделей для выявления зон повышенного эпизоотического риска. Это, в свою очередь, является основой для эффективного планирования профилактических мероприятий и оперативного контроля вспышек инфекционных болезней животных. Интеграция полученных данных в системы эпизоотологического мониторинга и интервенций позволяет минимизировать экономические потери и социальные последствия, связанные с распространением особо опасных заболеваний.

По результатам работы разработаны рекомендации: 1) «Методические рекомендации по организации и проведению противоэпизоотических мероприятий для предупреждения распространения АЧС в дикой фауне» (Протокол № 17 от 25.04.2024 г.) и 2) «Методические рекомендации по применению статистических моделей в прогнозировании вспышек инфекционных болезней животных» (Протокол № 41 от 18.10.2024 г.).

**Общая характеристика и оценка содержания и оформления работы.** Диссертационная работа представлена на 124 страницах компьютерного текста и включает в себя: введение, основную часть, обзор литературы, собственные исследования, заключение, библиографический список и приложение. Работа иллюстрирована 10 таблицами и 17 рисунками. Библиографический список состоит из 223 источников, в том числе 42 отечественных и 181 – зарубежных авторов. Работа дополнена материалами, включенные в приложение, подтверждающих внедрение результатов в практику региональных ветеринарных ведомств и учебный процесс сельскохозяйственных ВУЗов по подготовке ветеринарных специалистов: «Методические рекомендации по организации и проведению противоэпизоотических мероприятий для предупреждения распространения АЧС в дикой фауне (протокол № 17 от 25.04.2024 г.); «Методические рекомендации по применению статистических моделей в прогнозировании вспышек инфекционных болезней животных (протокол № 41 от 18.10.2024 г.)».

Обзор литературы, составленный для исследований по диссертационной работе, демонстрирует широкий спектр подходов к прогнозированию вспышек инфекционных болезней животных — от классической регрессии до методов машинного обучения и моделей экологической ниши. Систематизация методологических подходов и разработка алгоритма выбора модели с учётом специфики нозологической единицы и доступных данных остаются нерешёнными задачами.

Успешное развитие прогностического моделирования в ветеринарии определяется не только объёмом и структурированностью данных, но и унификацией подходов к учёту факторов риска, методологической строгостью построения моделей, а также интеграцией разнородных источников информации и созданием универсальных алгоритмов выбора методов с учётом биологических

особенностей возбудителей и механизмов их передачи.

В разделе «Собственные исследования» представлены аналитические методы, использованные для разработки прогностических пространственных моделей при африканской чуме свиней, лептоспирозе и бешенстве. Основу методологии составили методы статистической обработки данных и регрессионного анализа.

Для реализации прогностического моделирования применялось современное программное обеспечение с открытым доступом, что обеспечивает воспроизводимость результатов и возможность адаптации разработанных подходов широким кругом специалистов. Вычислительная среда базировалась на языке R и интегрированных средах разработки, позволяющих реализовать полный цикл обработки данных — от первичной очистки и нормализации до построения сложных регрессионных моделей, визуализации и оценки статистической значимости результатов. Для обработки пространственных данных и подготовки геопространственных переменных (растровые слои, векторные объекты, показатели плотности и удалённости) использовались соответствующие библиотеки программы.

Моделирование экологической ниши методом максимальной энтропии выполнялось с помощью специализированной программы MaxEnt — признанного стандарта для прогнозирования распространения видов и нозоареалов инфекций, особенно в условиях, когда доступны лишь данные о присутствии патогена или восприимчивых животных.

В разделе «Заключение» обобщены основные результаты диссертационного исследования, представленные в виде выводов, последовательно отражающих решение поставленных задач. Каждый вывод сформулирован как завершённое научное положение, основанное на совокупности экспериментальных данных, статистически обоснованных зависимостей и выявленных пространственно-временных закономерностей.

**Апробация и подтверждение опубликования основных результатов диссертационной работы.** Результаты исследований, являющиеся основой диссертационной работы, были представлены и обсуждены на научно-практических конференциях, заседаниях методической комиссии и Ученого совета ФГБУ «ВНИИЗЖ», доложены и обсуждены на заседаниях по рассмотрению комплексных планов научных исследований ФГБНУ «ФИЦВиМ» (2022 - 2024 гг.).

По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, из них три - в рецензируемых изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций и восемь публикаций в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus. Разработаны и утверждены две методические рекомендации.

**Соответствие диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.** В результате исследований автором

разработаны прогностические пространственные модели инфекционных болезней животных, проведено географическое зонирование территорий в зависимости от выявленных факторов риска на примере лептоспироза, бешенства животных и африканской чумы свиней. Разработанные методические рекомендации внедрены в практику региональных ветеринарных ведомств и в учебный процесс сельскохозяйственных ВУЗ.

Работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Основные научные результаты диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

В диссертации соискатель ученой степени ссылается на авторов и источники заимствованных материалов.

Автореферат изложен на 24 страницах компьютерного текста, содержит основные разделы диссертационной работы и раскрывает ее научные положения. Выводы и практические предложения в автореферате и диссертационной работе идентичны.

Диссертационная работа и автореферат соответствуют критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых к кандидатским диссертациям, изложены грамотным и доступным языком, достаточно иллюстрированы.

#### **Вопросы и замечания по работе.**

Оценивая работу положительно, нельзя не отметить некоторые замечания и получить ответы на возникшие вопросы:

1. Каким образом проводилась нормализация или стандартизация разнородных переменных (климатических, социально-экономических, популяционных) перед включением в регрессионные модели?

2. Как учитывалась возможная мультиколлинеарность между предикторами, особенно между такими переменными, как плотность населения, доля пахотных земель и плотность сельскохозяйственных животных?

3. Как учитывалось возможное временное запаздывание (lag) между воздействием фактора и возникновением вспышки, особенно для таких переменных, как перемещение продукции или вакцинация?

4. Требуется ли при экстраполяции разработанного алгоритма на другие регионы пересмотр набора предикторов, или же методологическая схема, предполагает универсальный набор факторов риска?

5. По каким критериям осуществлялся выбор между обобщённой логистической регрессией и отрицательной биномиальной регрессией для моделирования инцидентности вспышек? Какие преимущества дало использование того или иного подхода?

