

На правах рукописи

ГУСЕВ АРТУР АНДРЕЕВИЧ

**ЭПИЗООТОЛОГО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БЕШЕНСТВА
И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АНТИРАБИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Саратов – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова».

Научный руководитель: доктор ветеринарных наук, профессор
Агольцов Валерий Александрович

Официальные оппоненты: **Галиуллин Альберт Камилович,**
доктор ветеринарных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Казанская государственная академия
ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана,
заведующий кафедрой «Микробиология, вирусология и
иммунология»

Чернов Альберт Николаевич,
доктор биологических наук,
Краснодарский научно-исследовательский
ветеринарный институт - обособленное структурное
подразделение ФГБНУ «Краснодарский научный центр
по зоотехнии и ветеринарии», заместитель директора по
научно-исследовательской работе

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный
агротехнологический университет имени
Л.Я. Флорентьева

Защита диссертации состоится « ____ » _____ 2025 года в ____ на заседании диссертационного совета 35.2.035.01 на базе Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410005, г. Саратов, ул. Соколова, 335, УК №3, диссертационный зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» и на сайте www.vavilovsar.ru

Отзывы направлять по адресу: Россия, 410012, г. Саратов, Вавиловский университет, пр-кт им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3 ученому секретарю диссертационного совета.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2025г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук,
профессор

Карпунина
Лидия Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Бешенство является инфекционной болезнью вирусной этиологии со смертельным исходом для теплокровных организмов, в том числе и человека. Вирус, в основном, передается через укусы или другой контакт со слюной или кровью инфицированного животного, а симптомы появляются, когда вирус достигает головного мозга. В Европейском союзе (ЕС), где массовая вакцинация кошек и собак помогла ликвидировать бешенство у домашних животных, возбудитель циркулирует и в популяции восприимчивых животных в дикой природе. Лисицы и енотовидные собаки являются основным резервуаром и источником возбудителя бешенства в Европе, по этой причине эти два вида животных являются целевыми для кампаний вакцинации (Mueller T.F., 2018).

При почти 100% смертности людей и животных бешенство остается глобальной угрозой, ежегодно убивая около 59 000 человек. Собаки являются основным резервуаром заболевания. Таким образом, борьба со смертельным зооантропонозом и его ликвидация означает борьбу с его источником в популяции диких и синантропных животных (Метлин А.Е., 2009; Арутинова И.П., 2010).

В настоящее время, к сожалению, растет число неблагополучных пунктов по рабической инфекции, что представляет собой важную проблему для систем здравоохранения и ветеринарии. Эпидемиолого-эпизоотологическая актуальность связана с абсолютной летальностью и сложностью с проведением лечения людей (Tsvetkova K. N. et al., 2021).

Таким образом, изучение проявления рабической инфекции в России остаётся для современной инфектологии одним из самых актуальных направлений медицинской и ветеринарной науки (Бобров В.А., Забашта С.Н., Кривонос Р.А. и др., 2023).

Степень разработанности темы. В настоящее время исследователями рассмотрены либо ветеринарные проблемы бешенства животных (Гулюкин А.М, 2018; Чернов А. Н. и др., 2018), либо медицинские аспекты бешенства (Никифоров А.К., 2014). Необходим комплексный подход к изучению бешенства и осуществлению антирабических мероприятий (Агольцов В.А., 2013).

Цель – проведение эпизоотолого-эпидемиологического анализа заболеваемости бешенством среди популяций животных и оценка эффективности антирабических мероприятий на территории Саратовской области.

Задачи:

1. Провести ретроспективный анализ заболеваемости бешенством с картографированием динамики эпизоотического процесса среди различных популяций животных на территории Саратовской области.

2. Обосновать необходимость проведения поголовной вакцинации животных против бешенства для обеспечения антирабической защиты населения Саратовской области.

3. Оценить вероятность возникновения инфекционного процесса rabies у людей в регионе со сложной эпизоотической обстановкой по бешенству, с учётом абиотических факторов поддержания неблагополучия на территории Саратовской области.

Научная новизна. Получены новые данные о заболеваемости бешенством животных. Показано, что на территории Саратовской области за период с 2012 по 2023гг. была эпизоотия rabies смешанного типа, с преобладанием сylvaticкого, за счёт бешенства у лисиц.

Показана необходимость антирабических мероприятий для регулирования численности лисиц, так как они представляют наибольшую опасность для людей и животных.

Сконструированы цифровые карты, которые отражают эпизоотическую ситуацию по бешенству на территории Саратовской области в период с 2019 по 2023 годы в графическом виде. Установлена степень вероятности развития инфекционного процесса rabies у людей в регионе со сложной эпизоотической обстановкой по бешенству: при травматическом контакте с животным индекс равен 0,066; а в условиях длительного стационарного неблагополучия в регионе индекс контагиозности составил 2.1. Это свидетельствует о крайне высокой опасности и вероятности возникновения бешенства у населения.

Проведена оценка абиотических факторов поддержания неблагополучия по бешенству на территории Саратовской области с использованием метода максимальной энтропии в построенной финальной модели Maxent. Показано, что наибольшую значимость имеют такие факторы как: расстояние от дорог – 77,3; расстояние от населённых пунктов – что соответствует значению 17,8; плотность поселений и плотность дорог, что составляет 4,2 и 0,7 соответственно.

Теоретическая и практическая значимость работы

Диссертационное исследование носит фундаментальный и прикладной характер. Полученные данные дополняют сведения о вероятности развития инфекционного процесса rabies у людей в неблагополучном по бешенству регионе.

На основе полученных статистических данных и с учётом воздействия природных факторов на циркуляцию вируса бешенства среди резервуарных хозяев сформированы эпизоотологические карты, отражающие динамику эпизоотического процесса данной инфекционной болезни. По материалам диссертации опубликовано учебное пособие «Бешенство животных» (в соавторстве с В.А. Агольцовым, М.И. Калабековым, Л.П. Падило, О.П. Бирюковой, О.М. Поповой, О.Ю. Черных, 2024г.), которое принято к практическому использованию Управлением ветеринарии Правительства Саратовской области; Управлением Россельхознадзора по Саратовской и Самарской области, акты о внедрении от 16.04.2024.

Результаты исследований используются в учебном процессе при чтении лекций по дисциплине эпизоотология и инфекционные болезни животных обучающимся специальности «Ветеринария» в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова».

Методология и методы исследования

Для решения поставленных нами цели и задач в диссертационной работе использовали сочетание как общенаучных, так и специальных научных методов исследования. Первые предусматривали применение совокупности общетеоретических и эмпирических методов исследования, таких как системный подход, анализ, измерение, сравнение и т. д. Специальные методы представлены эпизоотологическими, в том числе эпизоотическими исследованиями, с картографическим анализом и элементами математического моделирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Ретроспективный анализ заболеваемости бешенством животных в Саратовской области позволяет характеризовать сложившуюся эпизоотическую обстановку как неблагополучную.
2. Проведённый комплексный эпизоотолого-эпидемиологический анализ бешенства в Саратовской области с учетом влияния абиотических факторов позволяет оценить вероятность возникновения инфекционного процесса rabies у людей.
3. Использование картографирования динамики эпизоотического процесса по бешенству среди различных популяций животных позволяет повысить эффективность антирабических мероприятий на территории Саратовской области.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов подтверждается существенным объемом проанализированного фактического материала – данные об эпизоотической ситуации по изучаемой инфекционной болезни на различных географических территориях, за период с 2012 по 2023 год), а также возможностью анализа результатов текущей эпизоотической ситуации по болезни, со статистической составляющей.

Основные результаты исследований были представлены на: научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов СГАУ по итогам НИР 2019-2022 года (Саратов, 2020-2023); научно-практической конференции молодых ученых «Ветеринарная медицина: проблемы и перспективы» (Саратов, 2021); Национальной научно-практической конференции с международным участием (Ульяновск, 2022); Международной научно-практической конференции «Инновации, современные тенденции развития животноводства и зоотехнической методы, технологии, экологическая безопасность производства и переработки сельскохозяйственной продукции» (Саратов, 2024).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 8 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад соискателя. Автором лично проведен литературный обзор по теме диссертации, сбор первичных эпизоотических данных, комплексный анализ данных по вспышкам изучаемой инфекционной болезни. Сконструированы цифровые карты, которые отражают эпизоотическую ситуацию по бешенству на территории Саратовской области в период с 2019 по 2023 годы в графическом виде. Проведено обобщение полученных результатов и сформированы выводы.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа содержит следующие разделы: введение, обзор литературы, собственные исследования, материалы и методы исследований, результаты исследований, заключение, выводы, список литературы, включающий 207 источников, из которых 51 иностранных и 156 отечественных авторов, а также список сокращений и приложения. Работа изложена на 128 страницах компьютерного текста, иллюстрирована 51 рисунком и 1 таблицей.

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалы и методы исследований

Работа выполнялась с 2020 по 2024 гг. на базе ФГБОУ ВО Вавиловского университета. В исследованиях использовали упорядоченные статистические данные о проводимых противоэпизоотических мероприятиях, численности популяции и размещении восприимчивых к болезни животных.

Исследования проводили согласно «Методическим указаниям по эпизоотологическому исследованию», а также «Системе эпизоотологического мониторинга особо опасных, экзотических, малоизученных болезней» и рекомендации МЭБ (2014 г.).

Основными материалами для учета и анализа эпизоотической обстановки по бешенству явились статистические отчёты Управления ветеринарии Правительства Саратовской области и Центра гигиены и эпидемиологии в Саратовской области.

Структура базы данных содержала разделы о вспышках, распространении, заболевших и павших от бешенства сельскохозяйственных и диких животных. Данные о вспышках бешенства среди восприимчивых животных, зарегистрированных в Саратовской области в 2019-2023 гг. были предоставлены управлением ветеринарии Правительства Саратовской области.

Количественная характеристика эпизоотической ситуации по бешенству осуществлялась по общим эпизоотическим показателям.

Статистическую обработку данных проводили в программе Excel пакета Microsoft Office 2016.

Было проанализировано шесть абиотических факторов окружающей среды, теоретически способных оказывать влияние на поддержание неблагополучия по бешенству. В качестве таковых были рассмотрены: плотность автодорожной сети и расстояние от автомобильных дорог, плотность населённых пунктов на территории региона и расстояние от них, расстояние от лесных массивов и насаждений, а также доминирующий тип землепользования, т.е. характер поверхности территории, сформированный влиянием природных факторов и деятельностью человека (землепользованием).

Информация о землепользовании была взята из базы данных Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) Global Land Cover SHARE (Latham J. et al., 2014). Остальные параметры окружающей среды были рассчитаны на основе информации из базы геопространственных данных NextGIS (George D.B., et al., 2011).

Для визуализации распределения риска неблагополучия на территории области использовали базовые карты NextGIS и GADM 4.1 (Blackburn D. et al., 2022).

Подготовка для статистической обработки и последующего анализа абиотических факторов, а также визуализация геопространственной информации осуществлялись при помощи геоинформационной системы (ГИС) ArcGISDesktop 10.4 (Esri, USA). Статистические расчёты выполняли в среде R с использованием ряда специализированных пакетов (Layan M. et al., 2021).

Для проверки наличия корреляции между количеством вспышек бешенства и показателями рассматриваемых абиотических факторов окружающей среды на ограниченной территории, а также взаимной корреляции (мультиколлинеарности) между факторами в ArcGIS с использованием Repeating Shapes Tool 1.5.152 (Mshelbwala P.P. et al., 2023) поверх территории Саратовской области была построена сетка (грид) из шестиугольных ячеек площадью 2469 км² каждая. Такой размер ячейки соответствует средней площади всех муниципальных образований области. Общее количество ячеек, использованных для дальнейших расчётов, составило 108. При помощи инструментария ArcGIS на основе пространственного расположения в каждой ячейке были подсчитаны количество вспышек бешенства, определён доминирующий тип землепользования и вычислены средние значения других рассматриваемых факторов окружающей среды. Полученные данные были сохранены в виде таблицы и затем использованы для дальнейшего статистического анализа.

Наличие и характер влияния каждого из изучаемых факторов на количество вспышек бешенства на ограниченной территории определяли путём вычисления коэффициентов корреляции Пирсона и проверкой их статистической значимости по общепринятой методике. Факторы, обладающие статистически значимыми коэффициентами корреляции, подвергали проверке на мультиколлинеарность, используя пакеты *car* (Imdadullah M. et al., 2016).

Прошедшими проверку признавали переменные окружающей среды с фактором инфляции дисперсии (*variance inflation factor, VIF*) в обобщённой линейной модели менее 10. Оценку значения таких факторов для поддержания неблагополучия по бешенству и оценку риска его геопространственного распределения на территории Саратовской области проводили при помощи метода максимальной энтропии в *MaxEnt 3.4.4* (Blackburn D. et al., 2022). При моделировании оценивали индекс пространственного распределения возбудителя бешенства в соответствии с инструкциями разработчиков. Значения индекса, близкие к 1, принимали как высокий риск возникновения вспышки заболевания (Elith J. et al., 2011). Общее качество построенных моделей оценивали по значению площади под кривой ошибок, демонстрирующему способность модели отличать территории, где возможна вспышка, от других территорий. Чем ближе значение площади к 1, тем выше качество модели, значения площади, близкие к 0,5, указывают на неспособность модели достоверно определять зоны риска (Fielding A.H., 1997). Значение каждого рассматриваемого фактора для модели максимальной энтропии оценивали, используя аппарат вычислений по методу складного ножа, интегрированный в *MaxEnt*. Если метод показывал, что исключение каких-либо факторов приведёт к повышению общего качества модели, строили новую модель без них и проводили её тестирование. Значение отобранных таким образом факторов окружающей среды для оценки пространственного распределения возбудителя бешенства определяли, используя аппарат эвристического анализа и перестановочный тест *MaxEnt*.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ретроспективный анализ заболеваемости бешенством среди популяций животных на территории Саратовской области

Природно-климатические и сельскохозяйственные условия, которые характерны для Саратовской области, являются благоприятными для размножения и увеличения численности диких плотоядных животных.

В Саратовской области площадь охотничьих угодий (естественной среды обитания охотничьих животных) составляет более 10 млн. га или 99% от общей площади области. 36 видов млекопитающих и 47 видов птиц, обитающих в губернии, отнесены российским законодательством к разряду охотничье-промысловых. Почти 50 тысяч жителей области имеют удостоверения на право охоты. Для ведения охотничьего хозяйства 93-ем охотопользователям предоставлено 137 обособленных территорий общей площадью около 5 млн. гектар. Данные показатели имеют прямое отношение к возникновению и развитию эпизоотического процесса бешенства в Саратовской области. На рисунке 1 показана структура заболеваемости бешенством по группам животных в %, на территории Саратовской области за 2012-2015 гг.

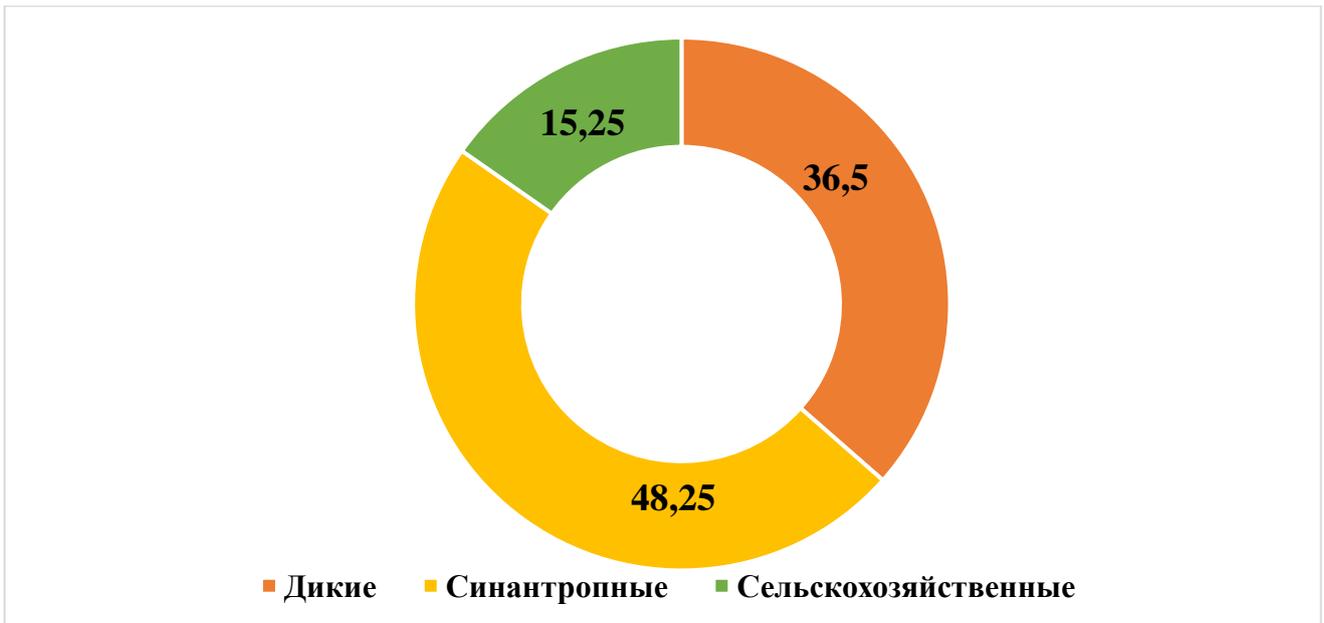


Рисунок 1 – Структура заболеваемости бешенством в Саратовской области в период с 2012 по 2015 гг. по группам видов животных, %

За данный период 48,25 % случаев было зарегистрировано среди синантропных животных, в популяции диких животных 36,5% и среди поголовья сельскохозяйственных животных 15,25% соответственно.

На рисунке 2 показана структура заболеваемости бешенством по группам животных в %, на территории Саратовской области за 2016-2019 гг.

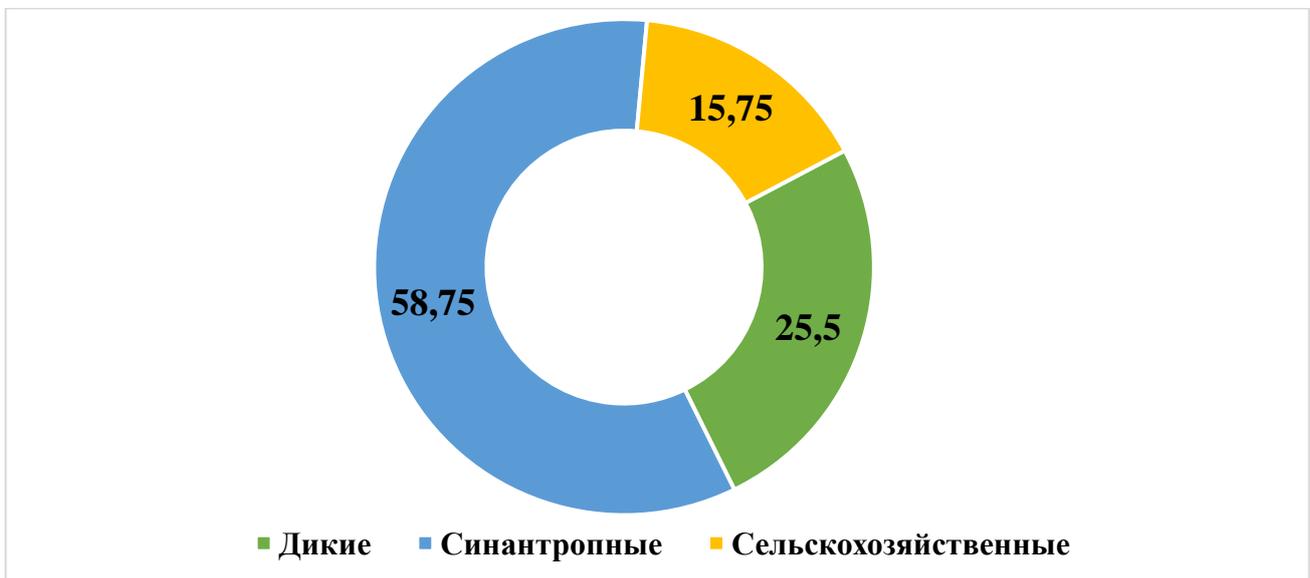


Рисунок 2 – Структура заболеваемости бешенством в Саратовской области в период с 2016 по 2019 гг. по группам видов животных, %

За данный период 58,75 % случаев было зарегистрировано среди синантропных животных, в популяции диких животных 25,5% и среди поголовья сельскохозяйственных животных 15,75% соответственно.

Среднее количество заболевших бешенством животных в Саратовской области в период с 2012 по 2019 гг. с наибольшим удельным весом показано на рисунке 3.

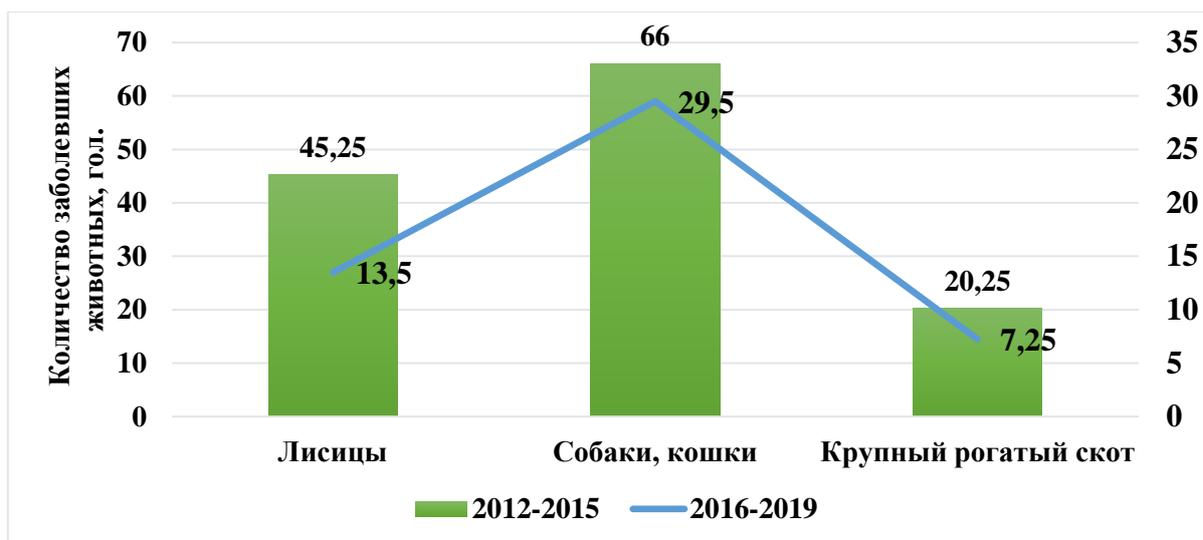


Рисунок 3 – Среднее количество заболевших бешенством животных в Саратовской области в период с 2012 по 2019 гг. с наибольшим удельным весом, гол

Из рисунка 3 следует, что среди диких животных наибольший удельный вес имеют лисицы со средним количеством заболевших равным 45, 25 голов в 2012-2015 гг., среди синантропных животных лидирующие позиции занимают собаки и кошки, что соответствует 66 головам, среди сельскохозяйственных животных наибольший удельный вес приходится на крупный рогатый скот, что соответствует 20,25 гол.

Среди диких животных наибольший удельный вес имеют лисицы со средним количеством заболевших равным 13, 5 голов в 2016-2019 гг., среди синантропных животных лидирующие позиции занимают собаки и кошки, что соответствует 29,5 головам, среди сельскохозяйственных животных наибольший удельный вес приходится на крупный рогатый скот, что соответствует 7,25 гол.

Подводя итог проведённому ретроспективному анализу за период с 2012 по 2019г.г., можно констатировать, что массовые вспышки бешенства на территории Саратовской области фиксируются раз в 2-3 года, что связано с изменением численности диких животных, главным образом лисиц.

На территории области активизировалась эпизоотия бешенства смешанного типа с преобладанием силватического. Учитывая данную особенность течения эпизоотического процесса бешенства, важным в антирабических мероприятиях является регулирование численности лисиц, так как они представляют наибольшую опасность для людей и животных.

Обоснование необходимости вакцинации животных против бешенства в неблагоприятном субъекте РФ для обеспечения антирабической защиты населения

Эпизоотическая ситуация по бешенству животных в Саратовской области в 2021г. отражена на рисунке 4.

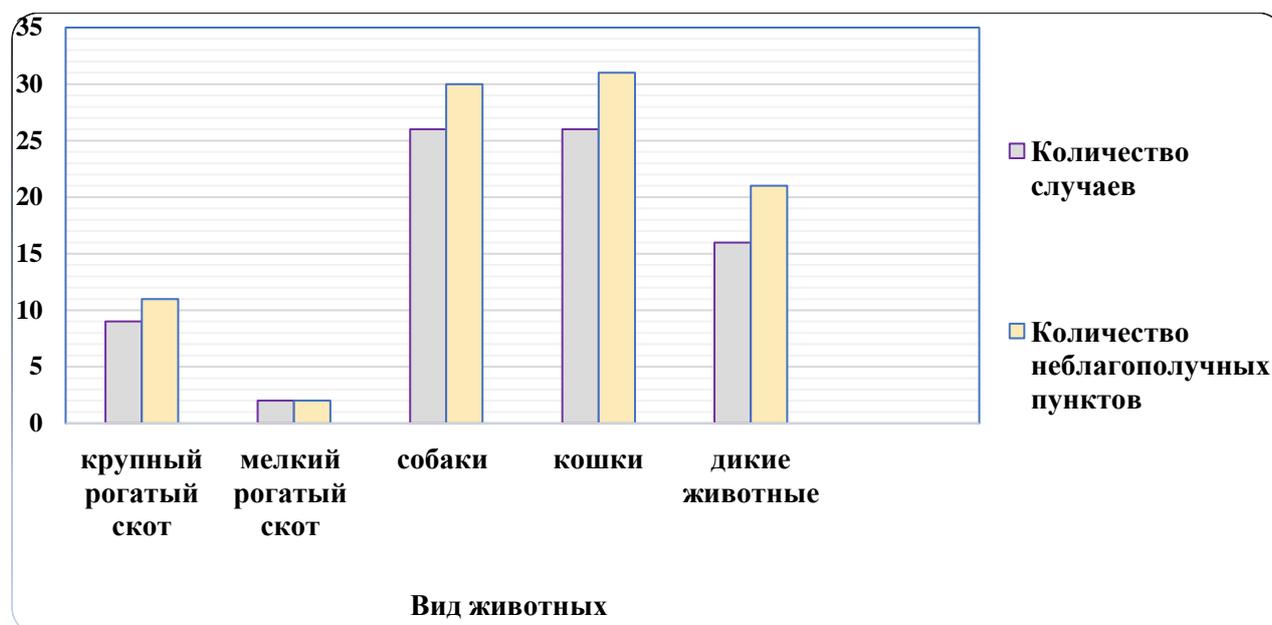


Рисунок 4 — Неблагополучные пункты и случаи бешенства животных на территории Саратовской области в 2021 году

Проведённые нами исследования показали, что в 2021 году на территории области преобладали случаи бешенства среди синантропных животных (кошек и собак), распределяясь между собой в равной степени, что составило по 26 случаев соответственно. Далее в порядке убывания - дикие животные (16 случаев).

Эпизоотическая ситуация по бешенству животных в Саратовской области в 2022 г. отражена на рисунке 5.

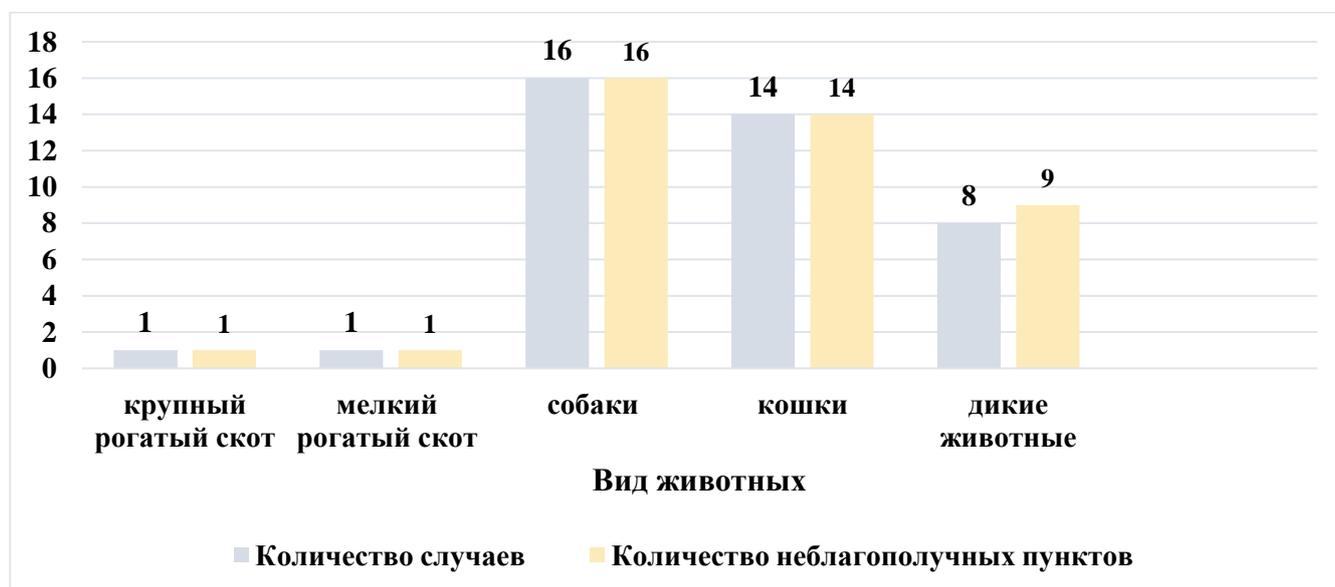


Рисунок 5 — Неблагополучные пункты и случаи бешенства животных на территории Саратовской области в 2022 году

Количество вакцинированных восприимчивых животных в Саратовской области за 2021-2022гг. отражено на рисунке 6.

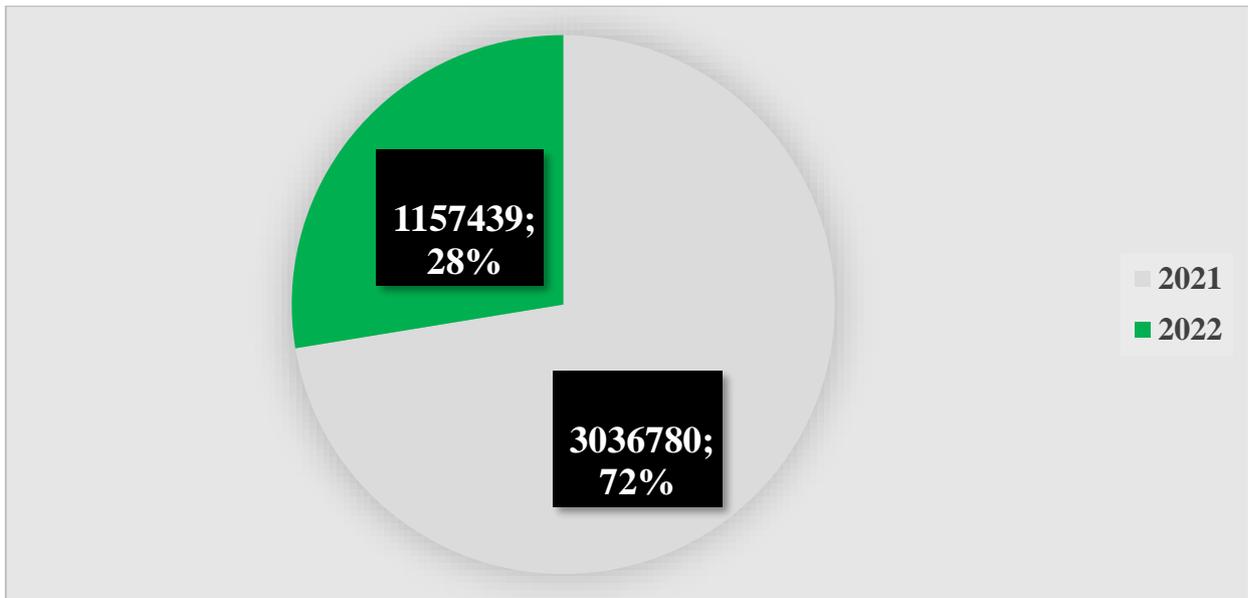


Рисунок 6 — Всего вакцинировано восприимчивых животных (голов) на территории Саратовской области за 2021-2022 гг.

Из рисунка 6 следует, что в 2021 году вакцинировали 3036780 голов, а в 2022 году вакцинировали 1157439 голов, т. е. за два года подвергнуто вакцинации 4194219 животных. Таким образом в 2021г. было подвергнуто вакцинации 72% животных от общего количества иммунизированных за анализируемые 2 года, а в 2022г. соответственно 28%. Вакцинации животных, проведенные в 2021 и 2022гг. должны были в том числе профилактировать и случаи бешенства среди населения Саратовской области в связи с контактами как с дикими, так и с домашними (сельскохозяйственными) и синантропными животными.

В 2022 году по количеству зарегистрированных случаев лидировали собаки, что соответствует 16 случаям, далее в порядке убывания расположились кошки, что соответствует 14 случаям, а среди диких животных было зарегистрировано 8 случаев рабической инфекции. В 2021 году было подвергнуто вакцинации 3036780 голов восприимчивых животных, а в 2022 году вакцинировали 1157439 голов, т.е. за два года было иммунизировано 4194219 восприимчивых к вирусу бешенства животных и таким образом, в 2021г. было подвергнуто вакцинации 72% животных от общего количества иммунизированных за анализируемые 2 года, а в 2022г. соответственно 28%. Всего за 2022 год было зарегистрировано 5844 обращения населения из-за укусов животных в учреждения здравоохранения. По локализации телесных повреждений пострадавших в рассматриваемом регионе преобладали нижние конечности, кисти, предплечья, лицо, а также множественные укусы животных. При анализе данных было выявлено отсутствие полноценного мониторинга эффективности оральной вакцинации в популяции целевых видов диких животных.

Так как в Саратовской области наблюдается стойкая неблагоприятная эпизоотическая ситуация по бешенству, необходимо постоянно и своевременно осуществлять противоэпизоотические антирабические мероприятия, в том числе проведение просветительской работы с населением об опасности рабической инфекции как для животных, так и для людей; о важности и необходимости проведения ежегодной вакцинации домашних животных; повышение охвата территорий региона для раскладки приманок, содержащих антирабическую вакцину для диких животных, для того чтобы предотвратить распространение так называемого «лесного бешенства», осуществление

постоянного мониторинга “поедаемости” вакцин-приманок целевыми видами диких животных. Данные меры позволят снизить уровень заболеваемости бешенством среди животных и тем самым повысят защищённость населения от данной инфекции.

Вероятность инфекционного процесса rabies у людей в регионе со сложной эпизоотической обстановкой по бешенству

Анализ количества людей, обратившихся за медицинской помощью по поводу укусов животных в Правобережных районах Саратовской области в 2022 году, показал, что наибольшее количество людей обратились в медицинские учреждения после травматических контактов с животными в Балашовском районе, что составило 272 человека, в Вольском районе 213 человек, в Ртищевском районе 126 человек.

Анализ количества людей, обратившихся за медицинской помощью по поводу укусов животных в Левобережных районах Саратовской области в 2022 году, показал, что наибольшее количество людей обратились в медицинские учреждения после травматических контактов с животными в Балаковском, Пугачёвском и Краснокутском районах области, что составило 580, 167 и 82 человека соответственно.

Лидирующие позиции по количеству людей, пострадавших от укусов животных за рассматриваемый период, занимает МО «Город Саратов», что составило 2342 человека, а также г. Энгельс и Энгельсский район Саратовской области, что составило 1037 человек.

Число людей, пострадавших от животных с установленным бешенством в Саратовской области в 2022 году отражено на рисунке 7.

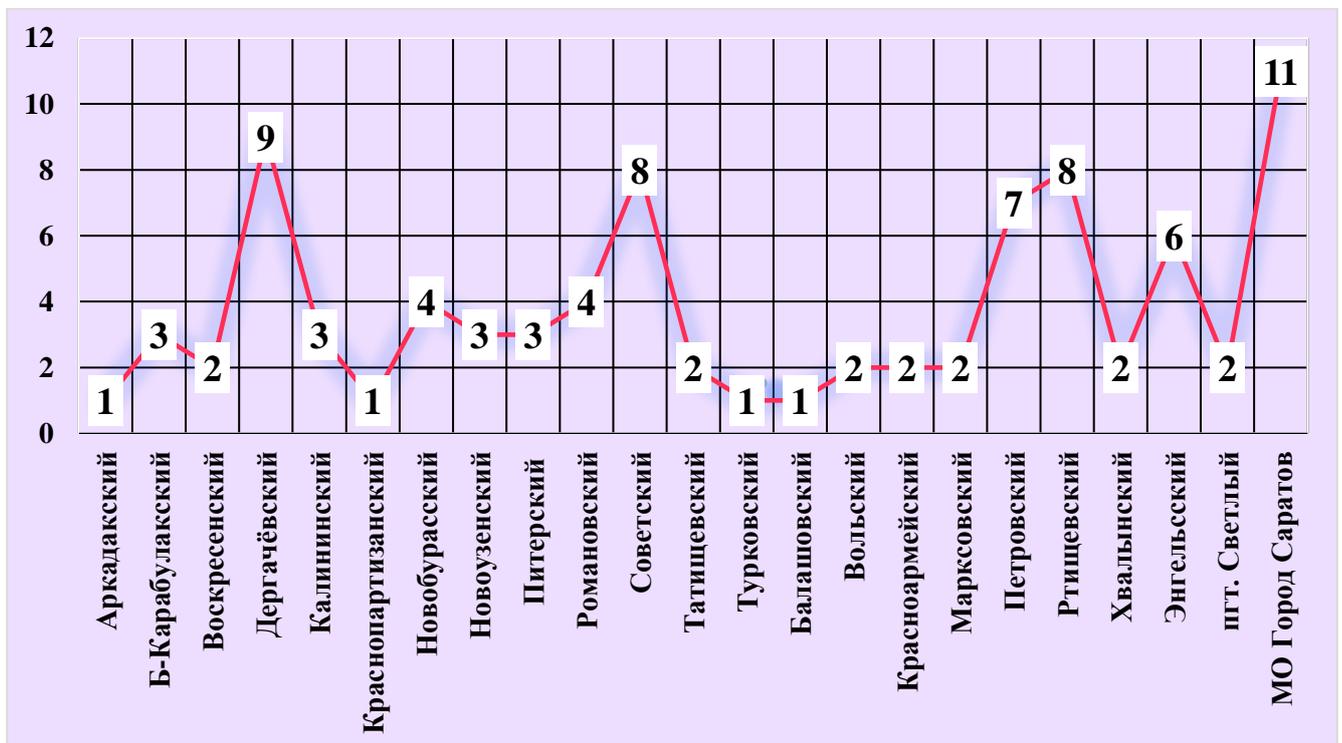


Рисунок 7 – Число пострадавших от животных с установленным бешенством в Саратовской области в 2022 году

Число зарегистрированных случаев бешенства животных разных видов в Саратовской области в 2022 году показано на рисунке 8.

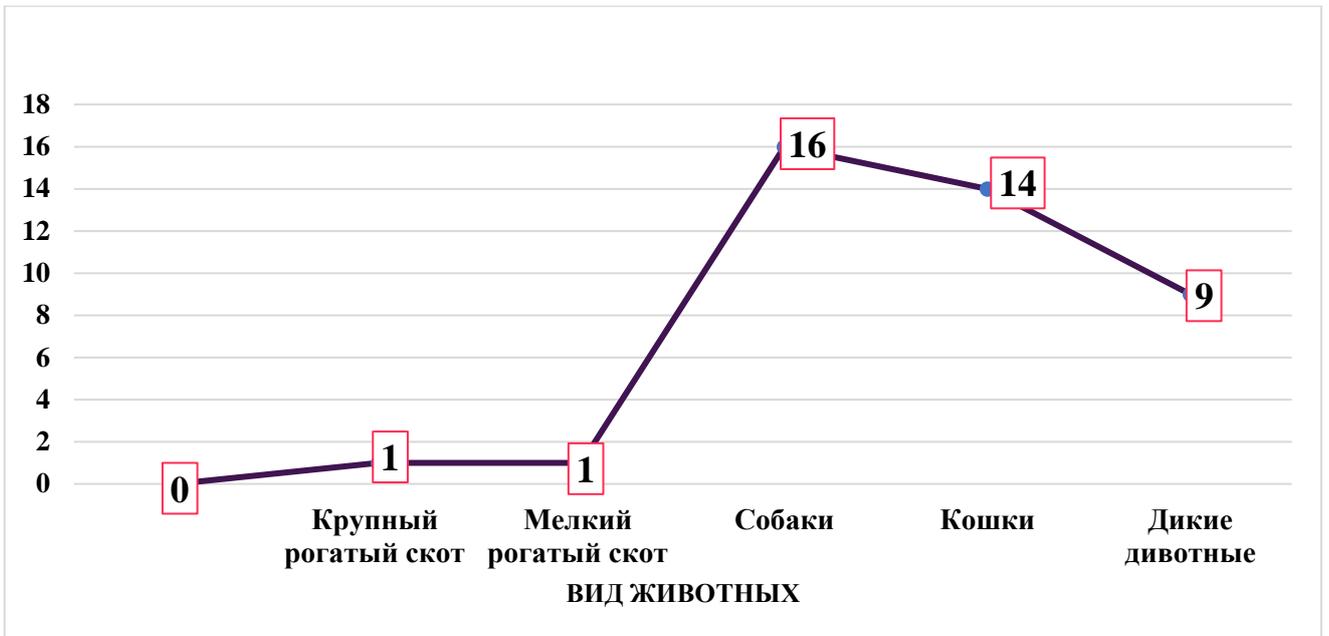


Рисунок 8 – Число зарегистрированных случаев бешенства животных разных видов в Саратовской области в 2022 году

Соотношение числа людей, пострадавших от животных с установленным бешенством, с количеством случаев бешенства животных и числом госпитализированных в медицинские учреждения с травматическими повреждениями, показано на рисунке 9.



Рисунок 9 – Соотношение случаев бешенства животных с количеством имевших травматические контакты с ними людей, с последующей их госпитализацией в 2022 году

Проанализировав число пострадавших людей от животных с установленным бешенством в Саратовской области за 2022 год, выяснили, что наибольшее количество человек пострадали в МО «Город Саратов», что составило 11 человек. В Дергачёвском районе – 9 человек, в Ртищевском и Советском районе по 8 человек соответственно.

Анализ числа зарегистрированных случаев бешенства животных разных видов в Саратовской области в 2022 году показал, что лидирующие позиции среди зафиксированных случаев бешенства заняли собаки – 16 случаев, кошки – 14 случаев, дикие животные – 9 случаев. Кроме того, в поголовье крупного рогатого скота был зафиксирован 1 случай бешенства животных и 1 случай среди мелкого рогатого скота.

Вероятность инфицирования населения вирусом бешенства при травматическом контакте с животным равен 0,066. Так как бешенство является особо опасным социально значимым зооантропонозом, то в условиях стационарного неблагополучия в регионе на протяжении длительного времени, индекс контагиозности равен 2,1, что свидетельствует о крайне высокой опасности и вероятности возникновения бешенства у населения региона.

Картографирование эпизоотического процесса бешенства отдельно взятого региона с использованием ГИС-технологий

Ситуация по бешенству в Саратовской области стабильно неблагополучна.

Анализ временных и пространственных характеристик эпизоотического процесса при бешенстве имеет практическую значимость для прогноза активности очагов бешенства и/или риска распространения болезни.

За период с января 2019 по декабрь 2022 год, по данным Управления ветеринарии Правительства Саратовской области, было зарегистрировано 338 случаев бешенства среди различных видов животных.

Динамика заболеваемости бешенством животных в Саратовской области за период 2019-2023 гг. представлена на рисунке 10-13.

За анализируемый период времени количество случаев бешенства значительно варьировало: от 48 случаев в 2019 г. и 84 случая в 2021 г. до 165 случаев в 2020 году.

Общее число зарегистрированных случаев бешенства среди диких животных значительно меньше, чем среди домашних и сельскохозяйственных животных. Данный факт многие исследователи связывают с недостаточным вовлечением этой категории животных в диагностические исследования.

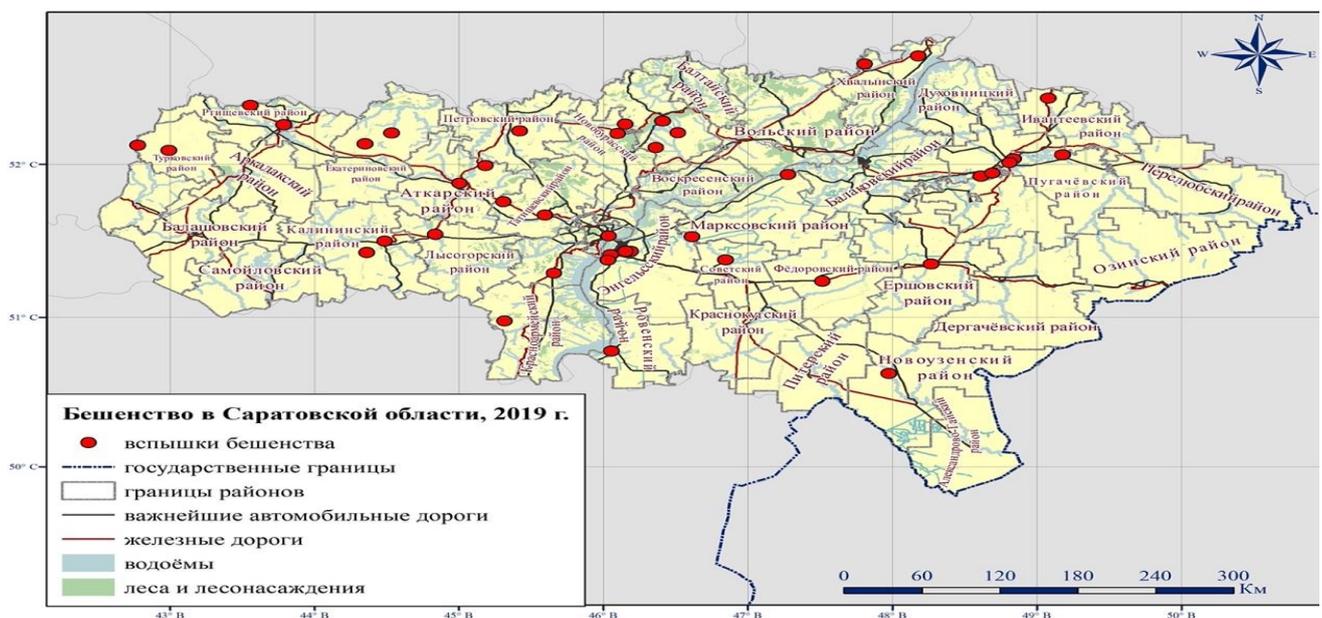


Рисунок 10 – Картографический анализ распространения бешенства в Саратовской области за 2019г.

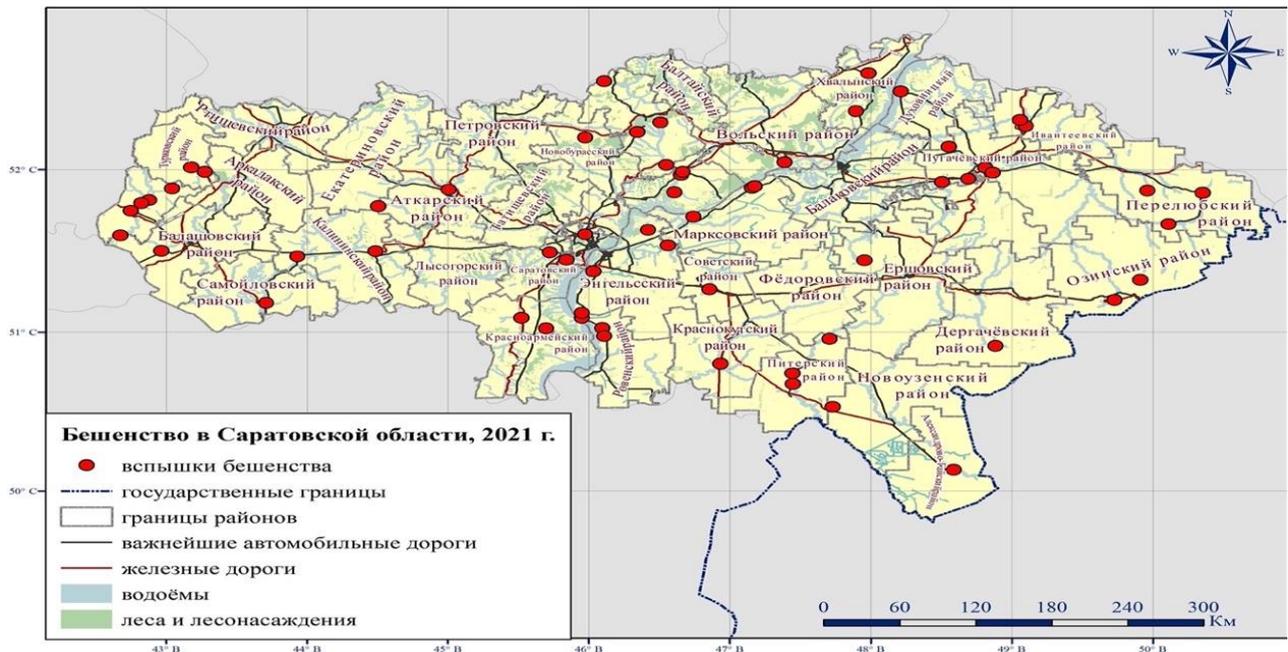


Рисунок 11 – Картографический анализ распространения бешенства в Саратовской области за 2021г.

В 2019 г. на территории 23 районов Саратовской области зарегистрировано 46 эпизоотических очагов, в 2020 г. – 142 очага в 32 районах области, в 2021 г. – 79 очагов на территории 29 районов области. Соответственно, коэффициент очаговости составил: в 2019 г. – 1,04; в 2020 г. – 1,15; в 2021 г. – 1,06. В 2022 году коэффициент очаговости среди диких животных составил 0,21, среди домашних 0,78; в 2023 году среди диких животных – 0,19; среди домашних 0,8. Коэффициент очаговости среди всех видов животных составил 0,99 в 2022 году среди домашних животных – 0,78, среди диких – 0,21; в 2023г – среди домашних животных – 0,8 среди диких – 0,19. Среди всех видов животных – 0,99.

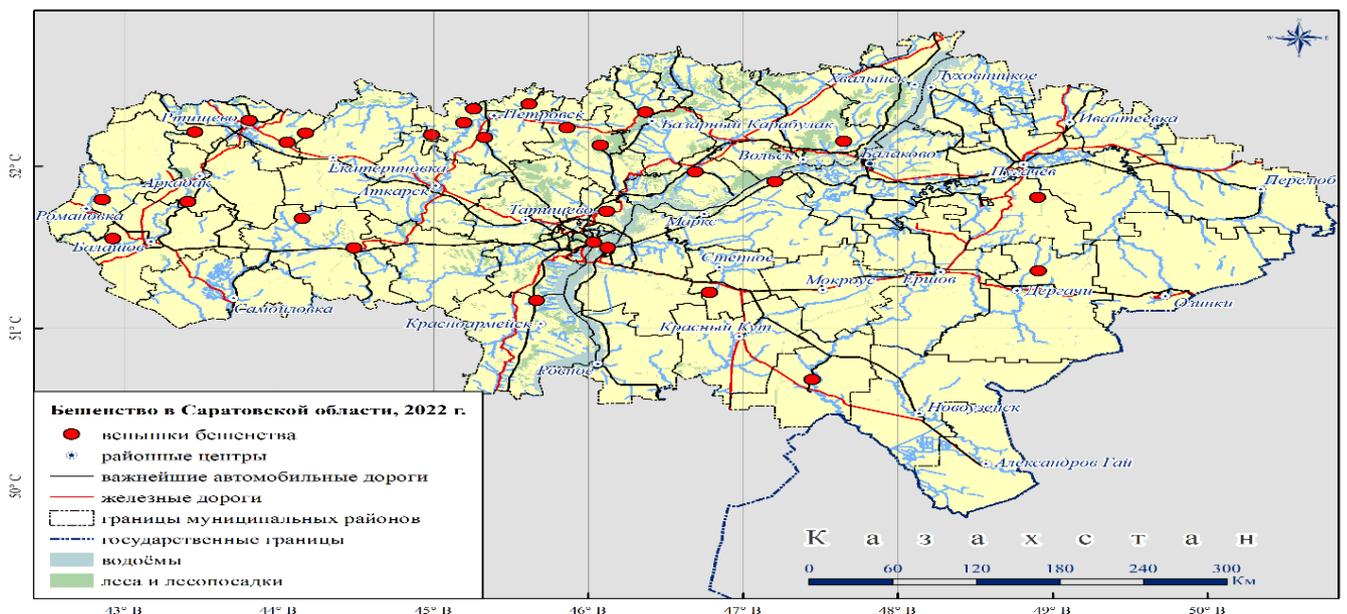


Рисунок 12 – Картографический анализ распространения бешенства в Саратовской области за 2022г.

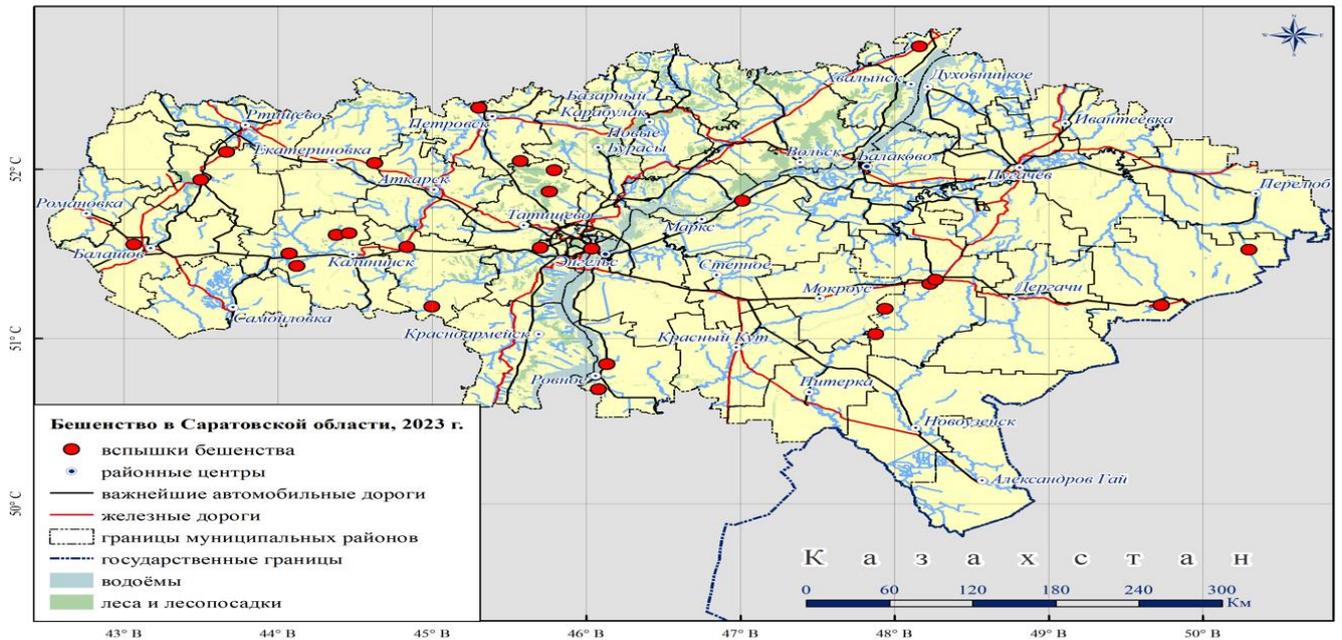


Рисунок 13 – Картографический анализ распространения бешенства в Саратовской области за 2023г.

В Саратовской области за 2023 год был зарегистрирован 31 случай рабической инфекции у животных. Структура заболеваемости по видам животных представлена следующим образом: 13 случаев приходится на кошек, 9 случаев на собак, 6 случаев на лисиц, 3 случая на крупный рогатый скот. Преобладание инцидентности среди кошек объясняется тем, что у кошек в условиях ЛПХ преобладает свободный выгул, в этой связи повышается вероятность контактов с другими синантропными и дикими животными. Кроме того, популяция кошек не является целевой в программе отлова безнадзорных животных. Контакты между особями одной популяции происходят чаще, чем между особями разных видов животных.

Анализ абиотических факторов поддержания неблагополучия по бешенству на территории Саратовской области

Усреднённый показатель площади под ROC-кривой для финальной модели максимальной энтропии составил $0,917 \pm 0,02$, что соответствует отличной способности модели различать территории с риском возникновения вспышки заболевания. В результате моделирования было установлено, что из числа рассмотренных факторов окружающей среды наибольшее влияние на риск распространения бешенства животных оказывают четыре из них. Кривые отклика этих переменных представлены на рисунке 14.

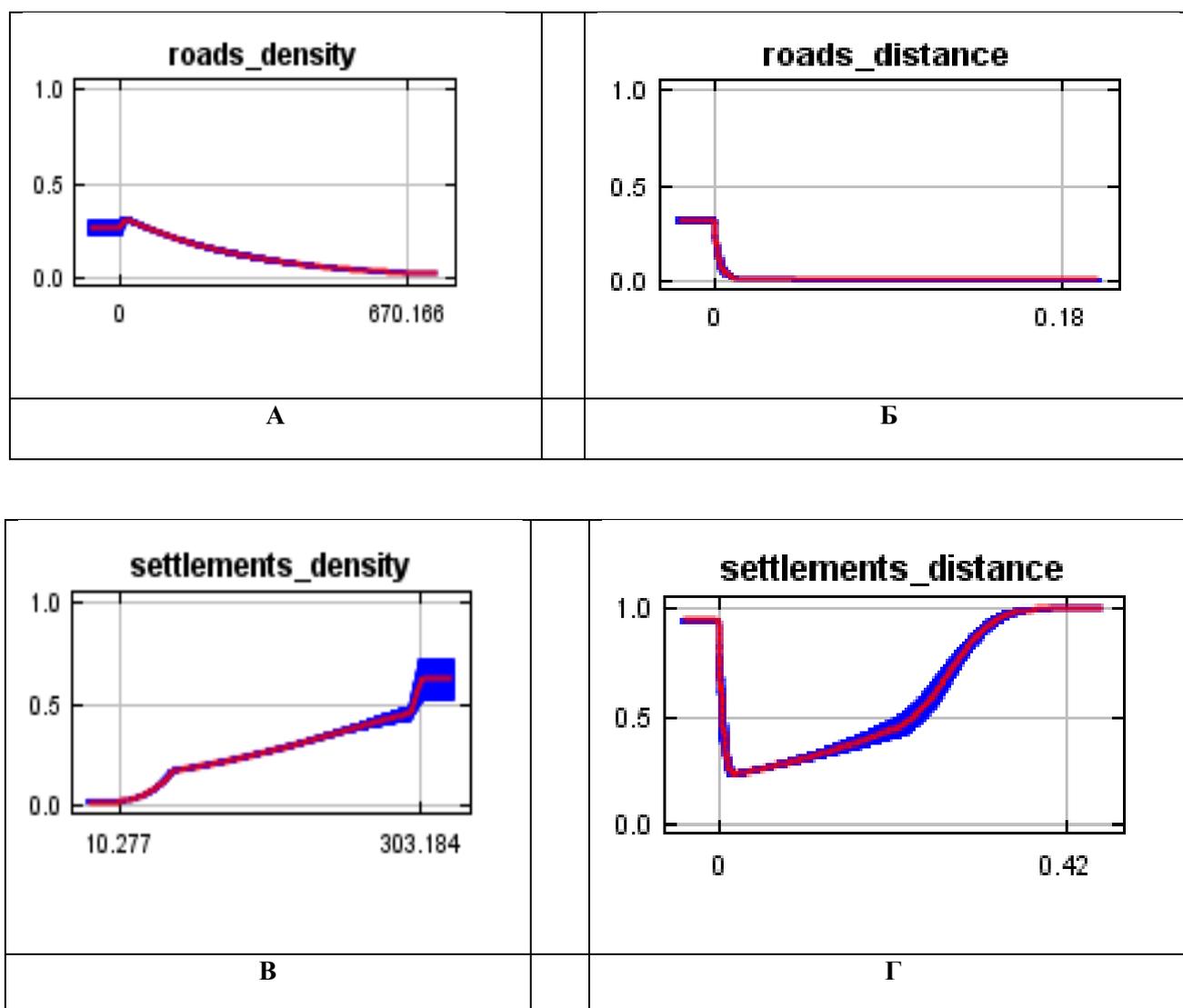


Рисунок 14 – Кривые отклика переменных, оказывающих наибольшее влияние на пространственное распределение возбудителя бешенства животных: А) Плотность сети дорог, Б) Расстояние от дорог, В) Плотность сети поселений, Г) Расстояние от населённых пунктов.

Кривые показывают, как прогнозируемая вероятность присутствия меняется при изменении каждой переменной окружающей среды, при этом все остальные переменные окружающей среды остаются на уровне их среднего выборочного значения. Кривые демонстрируют среднее значение отклика переменной, полученное при моделировании при 10 повторностях. Красным показано значение переменных, синим – стандартное отклонение. Вероятность присутствия возбудителя бешенства возрастает в населенных пунктах и по мере удаления от населенных пунктов.

Распределение вероятности присутствия возбудителя бешенства животных и соответствующего ей риска возникновения вспышек болезни на территории Саратовской области показано на рисунке 15.

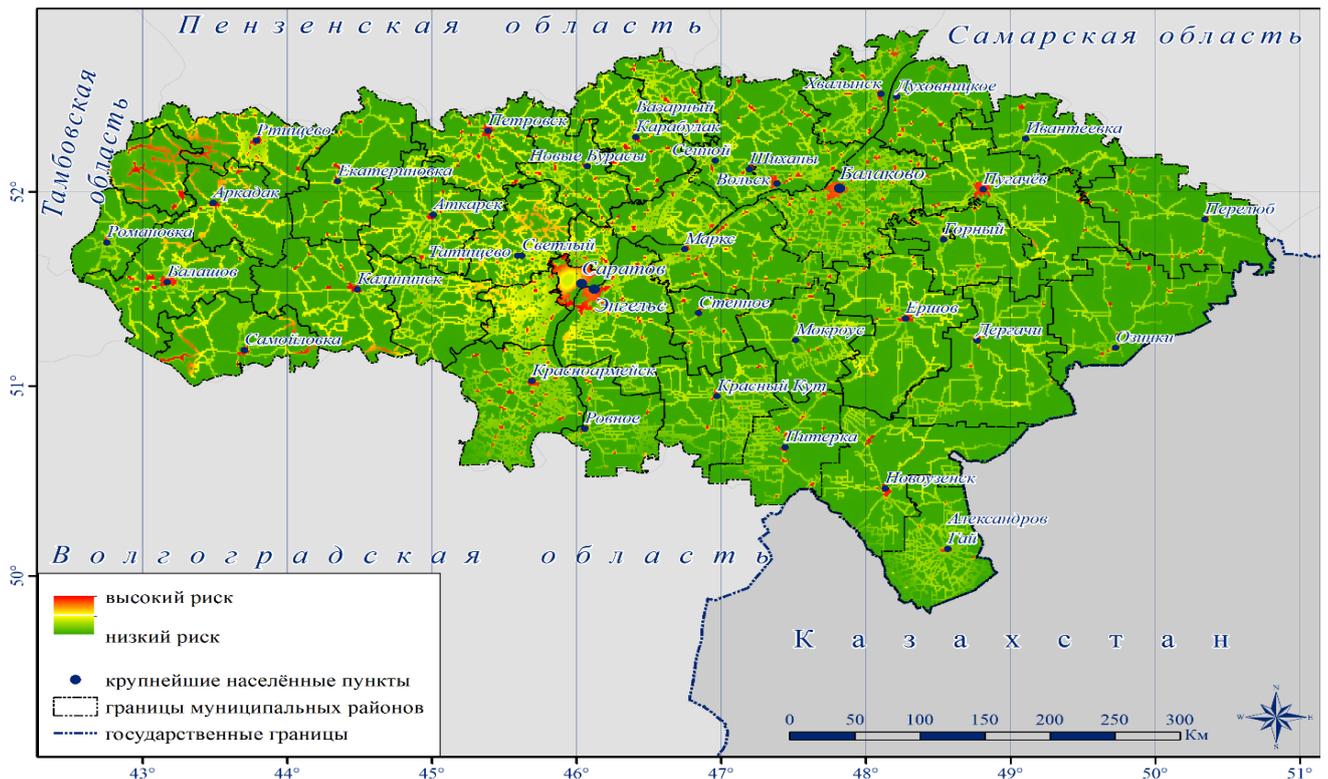


Рисунок 15 – Распределение вероятности присутствия возбудителя бешенства животных и соответствующего ей риска возникновения вспышек болезни на территории Саратовской области

Из рисунка 15 следует, что наибольшая вероятность присутствия вируса бешенства и наивысший риск возникновения вспышек болезни на территории Саратовской области ожидается на территории городских агломераций МО «Город Саратов», город Энгельс и город Балаково.

В таблице приведены оценки относительной значимости переменных окружающей среды в модель Махент. Для определения первой оценки на каждой итерации алгоритма обучения увеличение регуляризованного усиления добавляется к значимости соответствующей переменной или вычитается из него, если изменение абсолютного значения лямбды отрицательно. Для второй оценки, в свою очередь, для каждой переменной окружающей среды значения этой переменной по присутствию обучения и фоновым данным переставляются случайным образом. Модель повторно оценивается на основе переставленных данных, и результирующее снижение тренировочной AUC показано в таблице, нормализованной в процентах.

Таблица 1– Опосредованные факторы окружающей среды, прошедшие проверку на статистическую значимость ($p < 0,001$) при предварительном анализе, и их вклад в модель пространственного распределения вируса бешенства

№п/п	Переменная	Доля, %	Значение
1.	Расстояние от дорог	64	77.3
2.	Расстояние от населённых пунктов	32.6	17.8
3.	Плотность поселений	2.1	4.2
4.	Плотность дорог	1.3	0.7

В таблице приведены оценки относительной значимости переменных окружающей среды в построенной финальной модели, полученные с использованием перестановочного теста.

Заключение

Выполненные исследования и проведённый эпизоотолого-эпидемиологический анализ свидетельствует о высокой заболеваемости бешенством животных в Саратовской области, позволяет охарактеризовать сложившуюся эпизоотическую обстановку как неблагоприятную, и требующую совершенствования взаимодействия ветеринарных и санитарно-эпидемиологических служб для повышения эффективности проведения антирабических противоэпизоотических и противоэпидемических мероприятий на территории Саратовской области.

ВЫВОДЫ

1. На территории Саратовской области за анализируемый период с 2012 по 2023гг. отмечалась эпизоотия rabies смешанного типа, с преобладанием сylvaticкого, за счёт бешенства у лисиц.

2. Анализ абиотических факторов, влияющих на распространение вируса бешенства животных и способствующих возникновению новых вспышек болезни на территории Саратовской области, показал, что наибольшую значимость при оценке относительной значимости переменных окружающей среды в построенной финальной модели Maxent имеют такие факторы как: расстояние от дорог – 77,3; расстояние от населённых пунктов – 17,8; плотность поселений и плотность дорог, что составляет 4,2 и 0,7 соответственно.

3. Оценка зарегистрированных случаев бешенства в Саратовской области по видам животных показал, что лидирующие позиции занимают собаки и кошки, которые представляют наибольшую опасность для населения. Вероятность инфицирования населения вирусом бешенства при травматическом контакте с животным равна 0,066. В условиях длительного стационарного неблагоприятия в регионе индекс контагиозности составил 2.1, что свидетельствует о крайне высокой опасности и вероятности возникновения бешенства у населения.

4. Необходимо проведение мониторинга поедаемости вакцин-приманок целевыми видами диких животных для повышения эффективности противоэпизоотических антирабических мероприятий.

Практические предложения

Предлагается использовать в работе управления ветеринарии Правительства Саратовской области и Территориального управления Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Саратовской и Самарской области картографические инструменты геоинформационных систем для проведения мониторинга бешенства животных. Предлагается осуществлять более тесное взаимодействие ветеринарных и санитарно-эпидемиологических служб для обеспечения антирабического благополучия региона за счёт совместного планирования и проведения мероприятий против бешенства.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В перспективе исследования будут направлены на совершенствование профилактических и оздоровительных мероприятий при бешенстве животных, с учётом сложившейся эпизоотической обстановки и оценки риска распространения возбудителя на новые территории. Планируется проведение секвенирования эпизоотически значимых штаммов вируса бешенства для изучаемой территории, что поможет в решении проблемы оценки эффективности проведения кампаний по вакцинации синантропных и диких восприимчивых животных.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ **Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных** **Минобрнауки России**

1. Ретроспективный анализ заболеваемости бешенством среди популяций животных на территории Саратовской области / **А. А. Гусев**, Л. П. Падило, Е. А. Толстова, В. А. Агольцов // Научная жизнь. – 2020. – Т. 15, № 10(110). – С. 1395-1406.
2. Анализ опыта по профилактике и ликвидации бешенства в странах Европы / Л. П. Падило, **А. А. Гусев**, В. А. Агольцов, О. П. Бирюкова // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 1(121). – С. 147-156.
3. Анализ воздействия природных факторов на циркуляцию вируса бешенства среди резервуарных хозяев / В. А. Агольцов, О. П. Бирюкова, Л. П. Падило, **А. А. Гусев** // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 2(122). – С. 303-314.
4. Обоснование необходимости вакцинации животных против бешенства в неблагополучном субъекте РФ для обеспечения антирабической защиты населения. / **А. А. Гусев**, Л.П. Падило, В.А. Агольцов, О. Ю. Черных, М. И. Калабеков, О. П. Бирюкова, О. М. Попова//Учёные записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины. – 2024. – Т. 60, № 1. – С.14 – 23.
5. Эпидемиология рабической инфекции в условиях эпизоотологического неблагополучия регионов мира по бешенству. / Л. П. Падило, В. А. Агольцов, **А. А. Гусев**, О. Ю. Черных, О. П. Бирюкова, О. М. Попова //Учёные записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины. – 2024. – Т. 60, №. 1.– С. 32 – 36.
6. Вероятность инфекционного процесса rabies у людей в регионе со сложной эпизоотической обстановкой по бешенству / Л. П. Падило, В. А. Агольцов, **А. А. Гусев**, М. И. Калабеков, А. К. Сибгатуллова // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 6.– С. 123–130.
7. Анализ антирабических противоэпизоотических мероприятий среди синантропных животных / **А. А. Гусев**, С. В. Ларионов, Л. П. Падило, В. А. Агольцов// Научная жизнь. – 2024. – Т. 19, № 3(135). – С. 490-495.
8. Анализ эпизоотического процесса бешенства отдельно взятого региона, с использованием ГИС - технологий / Л. П. Падило, С. В. Ларионов, **А. А. Гусев**, В. А. Агольцов // Научная жизнь. – 2024. – Т. 19, № 3(135). – С. 479-489.

Работы, опубликованные в прочих изданиях

9. Гусев, А. А. Анализ влияния факторов окружающей среды на циркуляцию возбудителя бешенства среди резервуарных хозяев / **А. А. Гусев**, Л. П. Падило, О. П. Бирюкова // *Фундаментальные аспекты и практические вопросы современной микробиологии и биотехнологии: Материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора, Почетного работника высшего*

профессионального образования РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области Дмитрия Аркадьевича Васильева, Ульяновск, 29 сентября 2022 года. – Ульяновск: Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, 2022. – С. 27-35.

10. **Гусев, А. А.** Эпизоотологический анализ заболеваемости бешенством животных на территории Саратовской области / А. А. Гусев, О. П. Бирюкова, В. А. Агольцов // Наука и Образование. – 2023. – Т. 6. – С –38-43.