

А.Ю. Попова^{1,2}, L.L. Yasmine³, A.M. Andrianarivelo⁴, A.B. Иванова⁵, Ш.В. Магеппамов⁵,
 А.М. Сеничкина⁵, И.Н. Шарова⁵, Е.Н. Кондратьев⁵, I.I. Razanadrakoto⁴, R.L. Rakotoarison⁴,
 J. Randriamihaja⁴, А.Д. Катышев⁵, М.А. Кулагин⁵, S.S. Rafaramalala⁴, Н.А. Коробкин⁵,
 А.В. Коврижников⁵, Г.А. Ерошенко⁵, Н. Rabenantoandro⁴, С.А. Щербакова⁵, В.В. Кутырев⁵

Опыт российско-малагасийского сотрудничества в борьбе с чумой: результаты первой совместной экспедиции

¹Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Москва, Российская Федерация;

²Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация;

³Министерство общественного здравоохранения Республики Мадагаскар, Антананариву, Республика Мадагаскар;

⁴Малагасийская лаборатория медицинского анализа, Антананариву, Республика Мадагаскар;

⁵Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация

Статья посвящена первому опыту российско-малагасийского сотрудничества в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на о. Мадагаскар. Описаны результаты первой экспедиционной работы по изучению активности природных очагов чумы в регионе Amoron'i Mania Республики Мадагаскар. Основной целью статьи являлось обобщение опыта, полученного в ходе совместной экспедиции, а также разработка рекомендаций по совершенствованию системы эпидемиологического надзора и профилактики. **Материалы и методы.** В ходе экспедиции использовались методы эпидемиологического анализа, эпизоотологического мониторинга и лабораторной диагностики (ПЦР, LAMP, ИХА, бактериологический метод, секвенирование). **Результаты и обсуждение.** В ходе эпизоотологического мониторинга обследовано 22 коммуны региона Amoron'i Mania, отловлено 116 мелких млекопитающих 6 видов. Исследованы на наличие маркеров возбудителей различной природы 232 объединенные пробы органов мелких млекопитающих (печень/селезенка и почки/легкие), 82 объединенные пробы блох, 42 пула клещей. Исследование подтвердило наличие активных очагов чумы и других инфекционных заболеваний на Мадагаскаре. Экспедиция позволила выработать рекомендации по совершенствованию мониторинга за чумой. Работа открывает перспективы для дальнейшего взаимодействия Российской Федерации и Республики Мадагаскар в области эпидемиологического надзора за чумой, направленные на снижение рисков инфекционных заболеваний и защиту населения от биологических угроз.

Ключевые слова: Республика Мадагаскар, биологические угрозы, межгосударственное взаимодействие, оперативное реагирование на ЧС санитарно-эпидемиологического характера, природный очаг чумы, инфекционные болезни.

Корреспондирующий автор: Иванова Александра Васильевна, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Для цитирования: Попова А.Ю., Yasmine L.L., Andrianarivelo A.M., Иванова А.В., Магеппамов Ш.В., Сеничкина А.М., Шарова И.Н., Кондратьев Е.Н., Razanadrakoto I.I., Rakotoarison R.L., Randriamihaja J., Катышев А.Д., Кулагин М.А., Rafaramalala S.S., Коробкин Н.А., Коврижников А.В., Ерошенко Г.А., Rabenantoandro Н., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Опыт российско-малагасийского сотрудничества в борьбе с чумой: результаты первой совместной экспедиции. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2026; 1:6–16. DOI: 10.21055/0370-1069-2026-1-6-16

Поступила 17.02.2026. Принята к публикации 17.03.2026.

A.Yu. Popova^{1,2}, L.L. Yasmine³, A.M. Andrianarivelo⁴, A.V. Ivanova⁵, Sh.V. Magerramov⁵,
 A.M. Senichkina⁵, I.N. Sharova⁵, E.N. Kondrat'ev⁵, I.I. Razanadrakoto⁴, R.L. Rakotoarison⁴,
 J. Randriamihaja⁴, A.D. Katyshev⁵, M.A. Kulagin⁵, S.S. Rafaramalala⁴, N.A. Korobkin⁵,
 A.V. Kovrizhnikov⁵, G.A. Eroshenko⁵, Н. Rabenantoandro⁴, S.A. Shcherbakova⁵, V.V. Kutyrev⁵

Experience of Russian-Malagasy Cooperation in the Fight against Plague: Results of the First Joint Expedition

¹Federal Service for Surveillance on Consumers Rights Protection and Human Wellbeing, Moscow, Russian Federation;

²Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, Russian Federation;

³Ministry of Public Health of the Republic of Madagascar, Antananarivo, Republic of Madagascar;

⁴Laboratoire d'Analyses Médicales Malagasy (LA2M), Antananarivo, Republic of Madagascar;

⁵Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation

Abstract. The paper is devoted to the first experience of Russian-Malagasy cooperation in ensuring the sanitary-epidemiological well-being of the population on the island of Madagascar. It describes the results of the first expeditionary work on studying the activity of natural plague foci in the Amoron'i Mania region of the Republic of Madagascar. **The aim** of the work was to summarize the experience gained during the joint expedition, as well as to develop recommendations for improving the system of epidemiological surveillance and prevention. **Materials and methods.** During the expedition, methods of epidemiological analysis, epizootiological monitoring, and laboratory diagnostics (PCR, LAMP, ELISA, bacteriological method, and sequencing) were used. **Results and discussion.** As part of the epizootiological monitoring, 22 communes of the Amoron'i Mania region were surveyed and 116 small mammals of 6 species were captured. 232 combined samples of small mammals' organs (liver/spleen and kidneys/lungs), 82 samples of fleas, and 42 pools of ticks were tested for the presence of pathogens of various nature. The expedition has provided recommen-

dations for improving plague monitoring in Madagascar. This work opens up opportunities for further collaboration between Russia and Madagascar in the field of plague surveillance, aimed at reducing the risks of infectious diseases and protecting the population from biological threats.

Key words: Republic of Madagascar, biological threats, interstate cooperation, prompt response to sanitary and epidemiological emergencies, natural plague foci, infectious diseases.

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

Funding: The authors declare no additional financial support for this study.

Bioethics: All work with animals complied with the Russian legislation, international ethical standards and regulatory documents.

Corresponding author: Alexandra V. Ivanova, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Popova A.Yu., Yasmine L.L., Andrianarivelo A.M., Ivanova A.V., Magerramov Sh.V., Senichkina A.M., Sharova I.N., Kondrat'ev E.N., Razanadrakoto I.I., Rakotoarison R.L., Randriamihaja J., Katyshev A.D., Kulagin M.A., Rafaramalala S.S., Korobkin N.A., Kovrizhnikov A.V., Eroshenko G.A., Rabenantoandro H., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. Experience of Russian-Malagasy Cooperation in the Fight against Plague: Results of the First Joint Expedition. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2026; 1:6–16. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2026-1-6-16

Received 17.02.2026. Accepted 17.03.2026.

Popova A.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4315-5307>
Ivanova A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-3866>
Magerramov Sh.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>
Senichkina A.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1026-2680>
Sharova I.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0037-3048>
Kondrat'ev E.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7508-4355>
Katyshev A.D., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8260-4670>

Kulagin M.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6423-1460>
Korobkin N.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0006-2993-4853>
Kovrizhnikov A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-6321>
Eroshenko G.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5403-989X>
Shcherbakova S.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1143-4069>
Kutyrev V.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3788-3452>

Чума продолжает оставаться одной из главных угроз санитарно-эпидемиологическому благополучию человечества, сохраняющей особую актуальность ввиду регулярного выявления случаев заболевания, свидетельствующих о сохранении активных природных очагов инфекции. Значительная доля зарегистрированных случаев приходится на страны Африканского континента, где недостаточность инфраструктурных ресурсов и ограниченные возможности проведения полноценного эпидемиологического мониторинга создают серьезные препятствия для борьбы с болезнью [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), за период с 2000 по 2025 г. в 16 странах Африки зарегистрировано 29 874 случая заболевания чумой, что составило 98 % от общего числа случаев, зарегистрированных в мире (30 768). Наличие природных очагов чумы установлено на территории 18 государств региона, где в настоящее время продолжают циркулировать высоковирулентные и эпидемически значимые штаммы основного подвида античного (ДРК, Уганда, Замбия), средневекового (Ливия) и восточного (Алжир, ЮАР, Мадагаскар) биоваров чумы [2, 3].

Согласно официальной статистике, более 40 % всех случаев чумы в Африканском регионе фиксируются на территории Республики Мадагаскар (12 977 случаев за период с 2000 по 2025 г.) [4]. Несмотря на имеющиеся трудности и объективные ограничения, Республика Мадагаскар прилагает значительные усилия для поддержания санитарно-эпидемиологического благополучия своего населения. В сотрудничестве с другими странами, включая Российскую Федерацию, республика активно участвует в международных программах, направленных на предупреждение вспышек чумы и минимизацию риска ее распространения.

В настоящее время при поддержке Правительства Российской Федерации Федеральной службой по

надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) осуществляется развитие направлений взаимодействия России и Мадагаскара в области противодействия современным угрозам биологического характера, ориентированных на усиление национальных возможностей реагирования на них. В 2024 г. между Роспотребнадзором и Министерством общественного здравоохранения Республики Мадагаскар заключены Меморандум о взаимопонимании и сотрудничестве в области здравоохранения и Соглашение о научно-техническом сотрудничестве в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия. Межгосударственное сотрудничество направлено на укрепление национального потенциала Мадагаскара в области обеспечения готовности и реагирования на биологические угрозы для достижения самостоятельности в реализации мониторинговых и противоэпидемических мероприятий. Такой подход преследует цель обеспечения устойчивого санитарно-эпидемиологического благополучия населения Республики Мадагаскар, сокращения вероятности распространения инфекции за пределы страны и минимизации потенциальных рисков, угрожающих биологической безопасности мирового сообщества.

Осенью 2025 г. на территории Республики Мадагаскар была организована первая совместная экспедиционная работа в очагах чумы, в ходе которой впервые на практике отработаны этапы эпизоотологического обследования природных и антропоургических очагов чумы.

Цель данной работы – обобщить опыт, полученный в ходе совместной экспедиции на Мадагаскаре, охарактеризовать современную эпидемиологическую ситуацию в регионе и предложить конкретные меры по усовершенствованию системы эпидемиологического надзора и профилактики.

Материалы и методы

Анализ эпидемиологической обстановки по чуме на Мадагаскаре проведен по предоставленной малагасийскими коллегами персонифицированной информации о каждом случае заболевания чумой за последний пятилетний период и по литературным источникам.

Эпизоотологический мониторинг проведен на территориях двух районов региона Amoron'i Mania (Ambositra, Manandriana). Сбор полевого материала для лабораторных исследований осуществлялся в 42 пунктах отлова. Мышевидных грызунов и насекомых отлавливали живоловками. Сбор блох и клещей производился при осмотре и очесе грызунов. Отработано 728 ловушко-ночей; отловлено, вскрыто и подготовлено к исследованию в лаборатории 116 экз. мелких млекопитающих.

Лабораторная диагностика зоолого-эпидемиологического и клинического материала организована на базе двух площадок: в г. Ambositra – в мобильных лабораториях, поставленных Российской Федерацией ранее, и в г. Antananarivo – в стационарной национальной лаборатории – Laboratoire d'Analyses Médicales Malagasy (LA2M). В целях расширения спектра диагностических исследований, возможности выделения культур возбудителей бактериологическим методом, мобильные лаборатории были доукомплектованы необходимым оборудованием, диагностическими и расходными материалами (наборы реагентов для ПЦР и LAMP, выделения нуклеиновых кислот, ИХА-тесты, препараты для микроскопии мазков, плотные и жидкие питательные среды, АРІ-тесты, антибактериальные препараты, средства индивидуальной защиты [СИЗ] и др.).

Разбор проб, вскрытие млекопитающих, очес эктопаразитов, приготовление суспензий эктопаразитов и органов млекопитающих и их обеззараживание, проведение бактериологического анализа, ИХА, ПЦР, LAMP с использованием российских диагностических препаратов осуществляли в мобильных лабораториях. На базе стационарной лаборатории LA2M проводили бактериологические исследования клинического материала и секвенирование выделенных культур.

Идентификация выделенных культур чумы проведена с помощью ИХА (ФБУН ГНЦ ПМБ Роспотребнадзора, Россия), теста «API®20 E» (bioMérieux SA, Франция), ПЦР с применением набора реагентов «Ген *Yersinia pestis*-идентификация-РГФ» и экспериментального набора «LAMP с флуоресцентно-колориметрическим (комбинированным) учетом результатов» (ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Россия). Определение чувствительности выделенной культуры к антибактериальным препаратам проведено диско-диффузионным методом.

Секвенирование штаммов *Yersinia pestis*, выделенных от серой крысы и больных, осуществляли на

секвенаторе 3-го поколения на платформе MinIon с набором реагентов SQK-RBK-110.24 (Oxford Nanopore Technologies, Великобритания). Для выделения ДНК использовали набор на спин-колонках EasyPure® Genomic DNA Kit. Обработку первичных данных («сырой» сигнал) с прибора нанопор проводили при помощи алгоритма dorado v1.1.0 с использованием сверхточной модели (Super accuracy basecalling). При сборке генома использовали алгоритм Flye assembler v2.9.3, для корректировки полученных сборок – алгоритм medaka v2.1.1. Для поиска единичных полиморфизмов применяли snippy (v4.6.0) с референс-последовательностью *Y. pestis* CO92 (NC_003143.1).

Результаты и обсуждение

В сентябре 2025 г. специалистами ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора и Департамента общественного здоровья, эпидемиологического надзора и реагирования Министерства общественного здравоохранения Республики Мадагаскар впервые проведена совместная экспедиционная работа в очагах чумы Мадагаскара с целью оценки современного состояния их активности.

Подготовительный этап включал оценку наиболее подходящей с позиции эпидемиологического риска территории для проведения экспедиции. С этой целью проанализирована известная ретроспективная информация о случаях заболевания чумой среди населения Республики Мадагаскар. Российские специалисты создали онлайн-приложение Madagascar EPI, которое с помощью оцифровки персонифицированных эпидемиологических данных отображает на электронных картах районы Мадагаскара с наиболее сложной эпидемиологической обстановкой. Картографирование позволило установить, что на регион Amoron'i Mania приходится около 40 % всех зарегистрированных случаев чумы на Мадагаскаре в пятилетней ретроспективе. В связи с высокой эпидемиологической значимостью, а также логистической доступностью именно этот регион был выбран для проведения экспедиционной работы [5]. Данный регион, общей площадью 16 141 км², располагается в центральной части Мадагаскара. Столица – город Ambositra (Амбоситра). Численность населения – 833 919 человек. По административному делению в состав региона входит 4 района, которые, в свою очередь, делятся на 53 коммуны (деревни): район Ambatofinandrahana (Амбатифинандрахана) – 9 коммун; район Ambositra (Амбоситра) – 21 коммуна; район Fandriana (Фандриана) – 13 коммун; район Manandriana (Манандриана) – 10 коммун.

В экспедиционной работе были задействованы мобильные лаборатории, переданные Российской Федерацией в дар Республике Мадагаскар в 2024–2025 гг., дислоцированные на время проведения совместной работы в Центральном госпитале региона Amoron'i Mania в г. Ambositra.

Для целей экспедиции, а также дальнейшего продолжения самостоятельных исследований малагасийскими специалистами, Российской Федерацией на Мадагаскар поставлено оборудование для проведения эпизоотологического мониторинга и лабораторной диагностики, диагностические препараты, питательные среды, СИЗ, дезинфицирующие средства, расходные материалы. Для обеспечения широкого спектра лабораторных исследований приобретено и поставлено диагностических препаратов более чем на 30 нозологий.

Для организации зоологических, профилактических работ, доставки специалистов к месту работы малагасийской стороной обеспечены транспорт, безопасность для российских специалистов и имущества, а также оформление всех необходимых официальных документов для получения разрешения работы на территории региона.

Всего в работе задействовано 19 специалистов из России и Мадагаскара: эпидемиологи, зоологи, специалисты по лабораторной диагностике и технические специалисты [5].

Экспедиция проводилась в соответствии с утвержденным планом-графиком, ее основными задачами являлись:

- оценка эпидемиологической ситуации: сбор и анализ данных по заболеваемости чумой; картографирование мест возможной локализации очагов чумы с указанием точек повышенной эпидемиологической опасности; изучение факторов риска распространения чумы;

- оценка эпизоотического состояния территории: отлов мелких млекопитающих (грызунов, насекомых); охот добытого материала, сбор эктопаразитов; определение видового состава животных, обеспечивающих циркуляцию возбудителей болезней; оценка численности грызунов и их эктопаразитов; анализ факторов поддержания эпизоотического процесса;

- лабораторные исследования: выявление маркеров возбудителей инфекционных болезней бактериальной, вирусной, риккетсиозной, паразитарной природы методами ПЦР, LAMP, ИХА; выделение

культур возбудителя чумы с использованием бактериологического анализа; изучение геномного профиля выделенных культур возбудителя чумы методом секвенирования;

- организация профилактических/противоэпидемических мероприятий (при необходимости и согласовании), проведение информационно-разъяснительной работы с населением, а также консультации и обучение медицинских работников на всех этапах совместной работы [5].

Оценка эпидемиологической ситуации по чуме на Мадагаскаре. Мадагаскар является страной эндемичной по чуме – случаи заболевания отмечаются здесь регулярно. С момента первой регистрации возбудителя, завезенного морским транспортом в 1898 г., инфекция распространилась вдоль прибрежных зон острова, а впоследствии мигрировала вглубь континента, утвердившись на высокогорных плато к 1921 г. В 1930-е гг. наблюдались массовые эпидемии, уносившие ежегодно более 3 тыс. жизней. В 30–50-е гг. прошлого столетия, вследствие создания на территории Мадагаскара системы эпидемиологического надзора за чумой, широкого внедрения в практику специфической профилактики с использованием живой вакцины из штамма G. Girard и J. Robic [6], уровень заболеваемости значительно снизился (с 2–4 тыс. случаев в год в период 1931–1932 гг. до 200 случаев в 1941–1953 гг.). Кроме того, в указанный период на Мадагаскаре проводились кампании по дератизации и дезинсекции не только в эпидемических очагах, но и непосредственно на участках обнаружения зараженных чумой грызунов и блох в природных биотопах [7]. Однако на фоне снижения масштабов профилактических мероприятий в 80–90-е гг., а также в связи с отказом от использования противочумных вакцин на Мадагаскаре после 1959 г. – рост заболеваемости возобновился. В последующие годы спорадические случаи чумы и эпидемические вспышки регистрировали в стране практически ежегодно (рис. 1).

Анализ ретроспективных данных показал, что наиболее распространенной клинической формой на острове является бубонная чума – 98 % от всех заре-

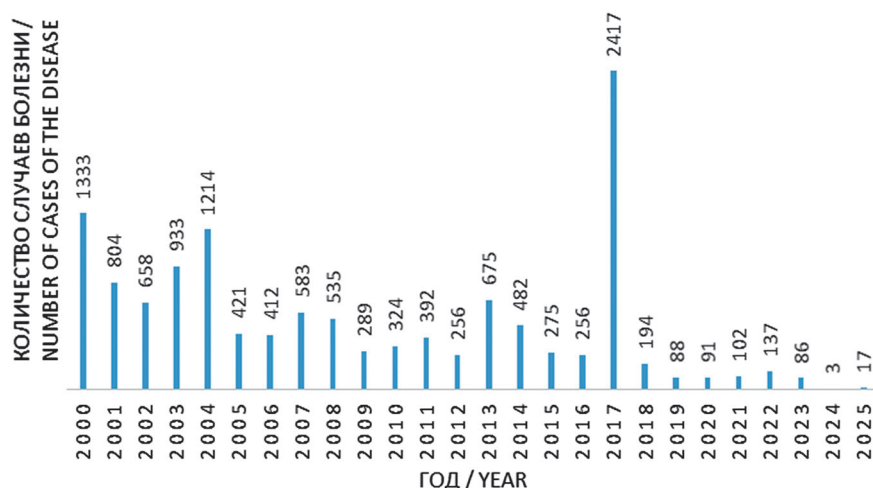


Рис. 1. Количество зарегистрированных случаев чумы на Мадагаскаре за период с 2000 по 2025 г. (по данным официальных отчетов ВОЗ и ресурса СМИ)

Fig. 1. Number of registered cases of plague in Madagascar for the period from 2000 to 2025 (according to official WHO reports and mass media resources)

гистрированных случаев заболевания. Крайне редко бубонная форма осложняется до септической (0,8 %) или легочной (1,2 %) формы. Исключением явилась вспышка чумы на Мадагаскаре в 2017 г., когда, по официальным данным, зарегистрировано 2417 случаев заболевания (из них 2025 – легочной формы) в 58 административных единицах страны [8]. По данным ВОЗ, риск осложнения эпидемиологической ситуации по чуме на национальном уровне считается постоянно высоким, в то время как на региональном и глобальном уровнях риск остается низким, поскольку нет известных случаев завоза чумы в другие страны [9].

В настоящее время на Мадагаскаре сформировался единый природно-очаговый комплекс, включающий природные, природно-антропоургические и антропоургические очаги чумы [10]. Циркуляция возбудителя в очагах происходит в основном в популяциях черной крысы (*Rattus rattus*) [11]. По результатам отдельных исследований подтверждено участие в эпизоотическом процессе чумы других видов млекопитающих на Мадагаскаре, однако их роль в передаче инфекции остается второстепенной. Так, в результате отдельных иммунологических исследований зарегистрировано наличие специфических антител к возбудителю чумы у серых крыс (*R. norvegicus*) (1995–1997 гг., регион Mandoto) [12], гигантской белозубки (1995–1997 гг., регион Boeny [11]; 2018–2019 гг., регион Atsinana, г. Toamasina [13]) и домового мыши (1995–1997 г., регион Manjakandriana [12]; 2018–2019 гг., регион Bongolava [11]).

На основании результатов немногочисленных эпизоотологических исследований циркуляция *Y. pestis* подтверждена в популяциях эндемичных видов млекопитающих: белохвостых крыс (*Brachytarsomys albicauda*) (регион Alaotra-Mangoro, 1932–1933 гг. [14]); длиннохвостого тенрека Талазака (*Microgale talazaci*), большого ежового тенрека (*Setifer setosus*) (регион Fitovinany, 1998–1999 гг.) [11]. Однако экспериментальное лабораторное заражение данных видов не подтвердило развития типичной клинической картины заболевания [15], что свидетельствует о низкой эпидемиологической значимости данных видов животных в циркуляции возбудителя чумы на Мадагаскаре.

Основными переносчиками чумы на Мадагаскаре являются блохи (*Xenopsylla cheopis*, *Synopsyllus fonquerniei*), паразитирующие на крысах [11].

Случаи заболевания чумой регистрируют в течение всего года, однако вследствие выраженной сезонной концентрации крыс в закрытых стациях во влажный сезон максимальное число случаев приходится на сентябрь – апрель; минимальное – на сухой сезон (май – август). Черная крыса в условиях тропического климата является полусинантропным грызуном – во влажный период обитает в жилье человека, в сухой – в открытых стациях. В основном крупным вспышкам предшествует масштабный падеж крыс. Сезонная динамика заболеваемости бу-

бонной чумой достигает пика в декабре – январе в связи с массовой миграцией грызунов в жилища человека. Борьба населения с грызунами способствует уменьшению популяции крыс, в связи с чем блохи начинают активно нападать и питаться на человеке [16, 17].

Характерный тип вспышек чумы на Мадагаскаре – сельский, так как более 80 % случаев заболевания в год регистрируется у жителей сельских районов. Как правило, заражение человека наступает во время работы на земле (на рисовых плантациях, в каменоломнях, глиняных карьерах). Случаи часто отмечаются среди рисоводов и членов их семей, пользующихся для ночлега временными жилищами у рисовых полей [18].

По мере урбанизации территории Центрального плато (исторически сформировавшегося природного очага чумы) и формирования сельскохозяйственного ландшафта в межгорных долинах, сложились условия для постоянного выноса возбудителя чумы за границы природных очагов на смежные территории. Начиная с 90-х гг. прошлого столетия здесь получили широкое распространение природно-антропоургические очаги, которые характеризуются особенно высокой эпидемической активностью в предместьях крупных городов, включая столицу г. Antananarivo (Антананариву). Наиболее эпидемически активные природно-антропоургические очаги приурочены к местам слияния сельскохозяйственных (многие населенные пункты фактически окружены рисовыми полями) и природных ландшафтов. Межгорные долины являются оптимальными станциями для обитания черной крысы. Территории с постоянной эпидемической активностью характеризуются высокой плотностью населения (более 100 человек на 1 км²) [19].

Заражению чумой подвержены все возрастные группы, однако наиболее часто болеет молодое трудоспособное население. Чаше болеют мужчины (65 % против 35 % заболевших среди женского населения). Средний возраст заболевших – 20 лет.

Характерная клиническая картина: длительное лихорадящее состояние (температура выше 38 °С до 5 дней), аденопатия, сильная усталость. При бубонной форме чумы – формирование бубона (чаще в области паха); при легочной – изнуряющий кашель более 5 дней, боль в груди, кровохарканье. Летальность при чуме на Мадагаскаре значительно варьируется в ходе отдельных вспышек (от 0,5 % при вспышках бубонной чумы до 30 % – легочной) [20].

Население Мадагаскара осведомлено о болезни и мерах предосторожности, но низкие уровни дохода и санитарной грамотности населения делают чуму «привычным» заболеванием на острове [5].

Одну из ключевых ролей в распространении болезни определяет ограниченный эпидемиологический надзор за чумой в стране. Недостаточность финансирования медицинской системы, дефицит медицинских кадров, оборудования и препаратов, а также

неразвитая инфраструктура здравоохранения в отдаленных сельских районах страны [5], в том числе ограниченная физическая доступность медицинской помощи (вследствие неразвитой дорожной инфраструктуры и дефицита транспорта), определяют низкую эффективность борьбы с чумой на территории Мадагаскара.

В стране осуществляется пассивный эпидемиологический надзор, в результате чего многие случаи чумы остаются неучтенными. Заболевший человек, как правило, не обращается за медицинской помощью и не информирует о своем состоянии общинные органы здравоохранения, предпочитая самолечение народными средствами. Информация о случаях болезни поступает в систему здравоохранения при обращении пациента за медицинской помощью или при констатации смерти, в результате чего организуется цикл противоэпидемических мероприятий, включающий химиопрофилактику контактных лиц, дератизационные и дезинфекционные мероприятия в эпидемическом очаге и госпитализацию выявленных больных. Диагностика заболевших в лечебном учреждении осуществляется «быстрыми» ИХА-тестами. Углубленная диагностика проводится только на базе национальной референс-лаборатории в г. Антананариву и лаборатории института Пастера

в Мадагаскаре. Специфическая профилактика среди населения не применяется.

Оценка эпизоотического состояния территории. В ходе эпизоотологического мониторинга обследовано 22 коммуны региона Amoron'i Mania (рис. 2), отловлено 116 мелких млекопитающих 6 видов (табл. 1).

Преобладающими видами грызунов в отловах являлись серая (47,4 %) и черная (36,2 %) крысы, что подтверждает высокий риск распространения чумы на территории региона, так как именно эти представители фауны являются основными источниками инфекции для человека на Мадагаскаре. Присутствие в отловах других видов мелких млекопитающих подтверждает сложную структуру экосистемы и дает основания для дальнейших исследований возможного существования уникальных резервуаров инфекции.

При проведении эпизоотологического мониторинга визуально регистрировалось значительное количество грызунов, однако фактический показатель попаданий в ловушки оказался невысоким. Общая численность мышевидных грызунов и насекомоядных составила в среднем 16 % попаданий в орудия лова. Вероятно, причиной низкого процента отловов послужили неблагоприятные климатические усло-

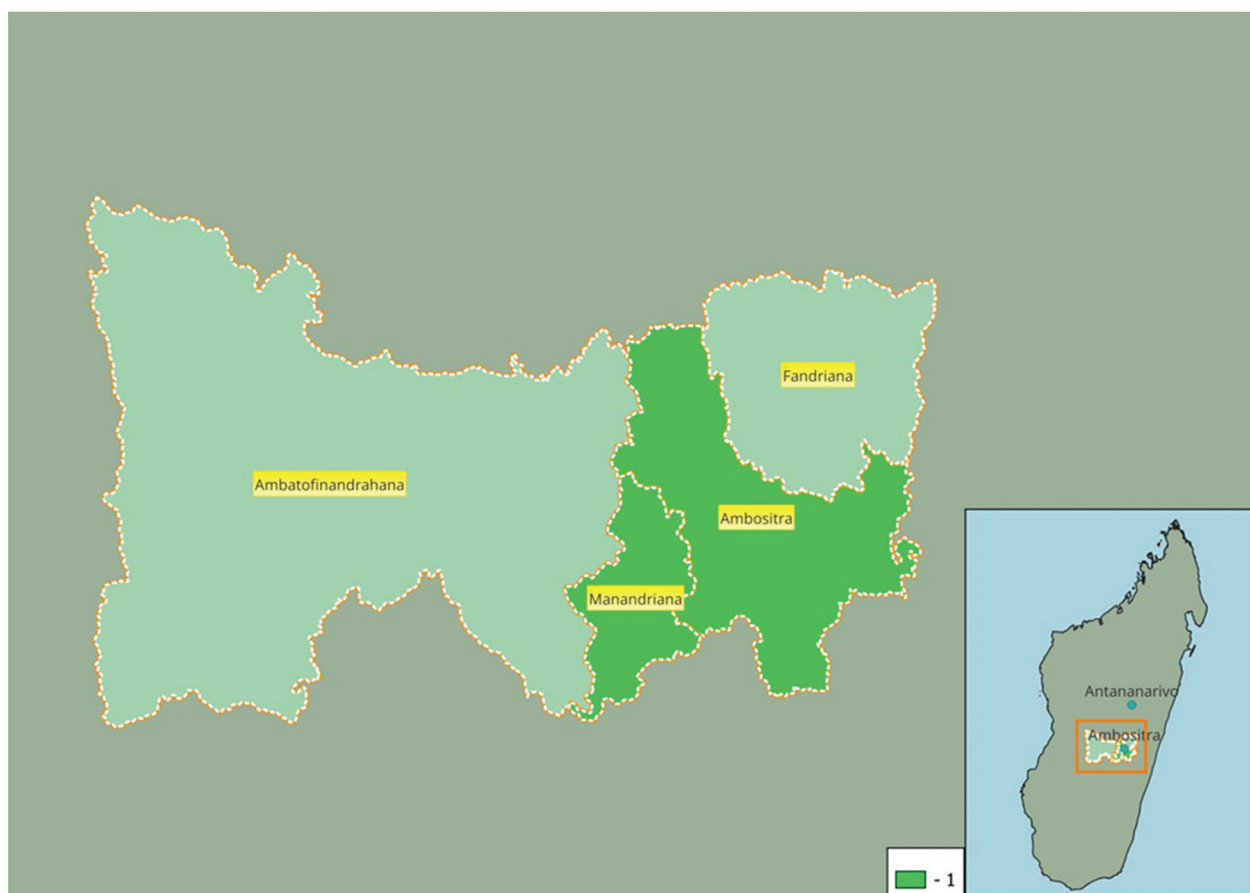


Рис. 2. Регион Amoron'i Mania:

1 – районы эпизоотологического обследования

Fig. 2. Amoron'i Mania region:

1 – epizootiological survey areas

Таблица 1 / Table 1

Численность мелких млекопитающих на территории района Ambositra в сентябре – октябре 2025 г.

Number of small mammals in the Ambositra area in September–October 2025

Виды мелких млекопитающих Small mammal species	Количество, абс. Number, abs%	% попадания Capture %
Серая крыса / Gray rat (<i>Rattus norvegicus</i>)	55	47,4
Черная крыса / Black rat (<i>Rattus rattus</i>)	42	36,2
Тенрек Добсона / Dobson's shrew tenrec (<i>Nesogale dobsoni</i>)	9	7,8
Хомяк Удербера / Udebert's hamster (<i>Nesomys audeberti</i>)	5	4,3
Домовая мышь / House mouse (<i>Mus musculus</i>)	3	2,6
Общественный короткохвостый хомяк / Social short tailed hamster (<i>Brachyuromys ramirohitra</i>)	2	1,7
Всего / Total	116	15,9

вия (холодная погода и дожди), негативно влияющие на активность грызунов и эффективность работы установленных ловушек.

В ходе работы с млекопитающих собрано 605 экз. блох, относящихся к 7 видам, 119 экз. гамазовых (*Zygodaelaps madagascariensis*) и 14 экз. иксодовых (*Haemaphysalis* sp.) клещей (табл. 2).

Преобладающим видом блох явились *Echidnophaga gallinacea*, как правило, снятые с черных крыс, что подтверждает повышенный риск передачи инфекции человеку посредством контакта именно с черными крысами в регионе. Кроме того, отмеченное широкое распространение гамазовых и

иксодовых клещей свидетельствует о присутствии потенциальных рисков распространения других инфекций, преимущественно трансмиссивного характера.

Необходимо отметить, что эпизоотологический мониторинг в природных очагах инфекционных болезней на постоянной основе на территории Мадагаскара не проводится, что не позволяет полноценно отслеживать динамику и активность природных очагов инфекционных болезней, в том числе чумы.

Организация лабораторной диагностики. За время совместной работы международной группы специалистов подготовлено и исследовано на наличие маркеров возбудителей различной природы 232 объединенные пробы органов мелких млекопитающих (печень/селезенка и почки/легкие), 82 пробы блох, 42 пула клещей.

На наличие возбудителя чумы исследовано 356 проб суспензий эктопаразитов и органов животных. ДНК *Y. pestis* обнаружена в пробах печени/селезенки и почек/легких от серой крысы, пойманной на территории коммуны Ankeniheni региона Amoron'i Mania. Кроме того, ДНК *Y. pestis* обнаружена в двух пробах суспензий блох и одной пробе суспензии клещей, счесанных с животных, добытых на территориях коммун Atsinananivinany и Madiolahatra, соседних с коммуной Ankeniheni. При посеве суспензии внутренних органов серой крысы на плотные и жидкие питательные среды выделена культура возбудителя чумы.

Молекулярно-генетический анализ выделенной культуры показал наличие ключевых факторов вирулентности (гены *yihN+*, *3a+*, *hmsH+*, *irp2* и плазмиды *pFra+*, *pCad+*, *pPst+*). Биохимические тесты выявили характерные для патогенных штаммов

Таблица 2 / Table 2

Видовой состав эктопаразитов мелких млекопитающих, собранных на территории района Ambositra в сентябре – октябре 2025 г.

Species composition of ectoparasites of small mammals, collected in the Ambositra area in September–October 2025

Виды эктопаразитов Species of ectoparasites	Количество Number	Виды млекопитающих Species of mammals						С человека From humans
		<i>Rattus norvegicus</i>	<i>Rattus rattus</i>	<i>Nesogale dobsoni</i>	<i>Nesomys audeberti</i>	<i>Mus musculus</i>	<i>Brachyuromys ramirohitra</i>	
Блохи / Fleas								
<i>Echidnophaga gallinacea</i>	369	70	226	—	2	22	49	—
<i>Pulex irritans</i>	45	33	11	—	—	—	1	—
<i>Xenopsylla brasiliensis</i>	180	68	97	1	13	1	—	—
<i>Xenopsylla cheopis</i>	2	2	—	—	—	—	—	—
<i>Xenopsylla</i> sp.	1	—	1	—	—	—	—	—
<i>Leptopsylla segnis</i>	6	—	6	—	—	—	—	—
<i>Ctenocephalides felis</i>	2	—	1	—	—	—	—	1
Итого / Total	605	173	342	1	15	23	50	1
Гамазовые и иксодовые клещи / Gamaside and Ixodidae ticks								
<i>Zygodaelaps madagascariensis</i>	119	71	45	—	1	2	—	—
<i>Haemaphysalis</i> sp.	14	10	2	2	—	—	—	—
Итого / Total	128	81	47	2	1	2	0	—

Y. pestis реакции метаболизма бактерии (глюкоза +, манноза +, желатин +, L-триптофан +, ацетона +, уреазы –, рамноза –, мелибиоза –, арабиноза –, сахароза –, инозит –, D-сорбит –, 2-нитрофенил-βD-галактопиранозид –, аргинин –, лизин –, орнитин –, натрия цитрат трехзамещенный –, H₂S –, мочевины –, индол –, продукция NO₂ –, восстановление до N₂ +).

При определении чувствительности выделенной культуры к антибактериальным препаратам установлено, что штамм чувствителен к широкому ряду антибиотиков: стрептомицину, амикацину, гентамицину, доксициклину, ципрофлоксацину, офлоксацину, пефлоксацину, левофлоксацину, цефтриаксону, триметоприму/сульфаметаксозолу, цефотаксиму. Выявлена устойчивость штамма к рифампицину.

При проведении полногеномного SNP-анализа выделенного штамма установлена его принадлежность к филогенетической линии 1.ORI3. Аналогичные результаты получены при исследовании еще двух штаммов, выделенных в ходе совместной работы из проб клинического материала от трех больных с лабораторно подтвержденным диагнозом «чума, бубонная форма» (район Ambositra), хранившихся в LA2M. Полученные данные согласуются с результатами предыдущих исследований, согласно которым штаммы *Y. pestis*, выделенные на Мадагаскаре за 80-летний период, относятся к ветви эволюции 1.ORI3 [20]. Сравнительный анализ полногеномных последовательностей выделенных нами штаммов с пятью ранее секвенированными штаммами с о. Мадагаскар, хранящимися в Государственной коллекции патогенных бактерий института «Микроб», также указал на принадлежность этих штаммов к линии 1.ORI3.

При сравнении полученных полных геномов штаммов от больных и мелкого млекопитающего обнаружена их принадлежность к одному геноварианту с минимальными отличиями в единичных полиморфизмах (2–3 SNP). Такая высокая степень сходства геномов свидетельствует о стабильной передаче возбудителя в популяциях естественных природных резервуаров в пределах ограниченного географического региона.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о продолжающемся распространении уникальной ветви филогенетического кластера 1.ORI, характерной исключительно для природных очагов чумы на Мадагаскаре. Это подтверждает устойчивое сохранение локальной генетической адаптации возбудителя *Y. pestis* и подчеркивает необходимость дальнейшего эпидемиологического мониторинга данной территории для контроля эпидемиологической обстановки.

В ходе эпизоотологического мониторинга весь собранный материал, помимо исследования на чуму, был дополнительно изучен на наличие возбудителей других природно-очаговых болезней. При тестировании 116 проб суспензий легких и почек, 22 проб суспензий печени и селезенки (на наличие ДНК

F. tularensis исследовали только материал от грызунов, отловленных в околородных биотопах) мелких млекопитающих, 42 проб суспензий клещей обнаружены генетические маркеры (рис. 3):

– патогенных лептоспир – в 16 образцах (15 % от общего исследуемого количества), в материале от грызунов и насекомых, добытых на территориях г. Ambositra, коммун Ankeniheny, Antonomahalana, Ampivarotanomby, Morafeno, Vatovory;

– ортоксантавирусов (Пуумала и Хантаан) – в 2 образцах (1,72 %) от млекопитающих, пойманных на территориях коммун Ambatofitorahana, Amboay;

– *Anaplasma phagocytophilum* (возбудитель гранулоцитарного анаплазмоза человека) в 1 пробе клещей и *Rickettsia* spp. (возбудители риккетсиозов из группы клещевых пятнистых лихорадок) – в 1 пробе клещей, счесанных с мелких млекопитающих, добытых на территориях коммун Ampivarotanomby и Ambalamanakana соответственно.

ДНК туляремийного микроба при исследовании проб от мелких млекопитающих и клещей не обнаружена.

Проведенные исследования показали, что на изучаемых территориях циркулируют возбудители целого ряда инфекционных болезней, которые ранее оставались незамеченными. Генетические маркеры возбудителей геморрагической лихорадки с почечным синдромом (ГЛПС), гранулоцитарного анаплазмоза человека и риккетсиозов, обнаруженные в регионе Amoron'i Mania впервые, дополняют сведения об инфекционных болезнях, имеющих эпидемиологическое значение для населения Мадагаскара. Результаты проведенных исследований подчеркивают необходимость мониторинга в популяциях мелких млекопитающих и их паразитов на территории для оценки и своевременного купирования риска возникновения случаев заболеваний при контакте человека с природой.

Организация профилактической (противоэпидемической работы). В связи с выделением культуры чумного микроба от серой крысы, пойманной в коммуне Ankeniheny, специалистами международной группы организовано проведение экстренных дезинсекционных работ в зоне отлова инфицированного млекопитающего, а также механического отлова грызунов во всем близлежащем жилом секторе и смежных постройках. Организован дополнительный отлов грызунов на территории коммуны Ankeniheny и соседних коммун.

Проведена информационно-разъяснительная работа с населением. На территориях коммуны Ankeniheny и соседних коммун распространены подготовленные на малагасийском языке памятки и плакаты о присутствии риска заражения чумой и мерах профилактики.

В период экспедиционной работы в Центральный госпиталь региона Amoron'i Mania (г. Ambositra) поступил больной с клиническими признаками болезни, не исключающими заболевание чумой (бубон-

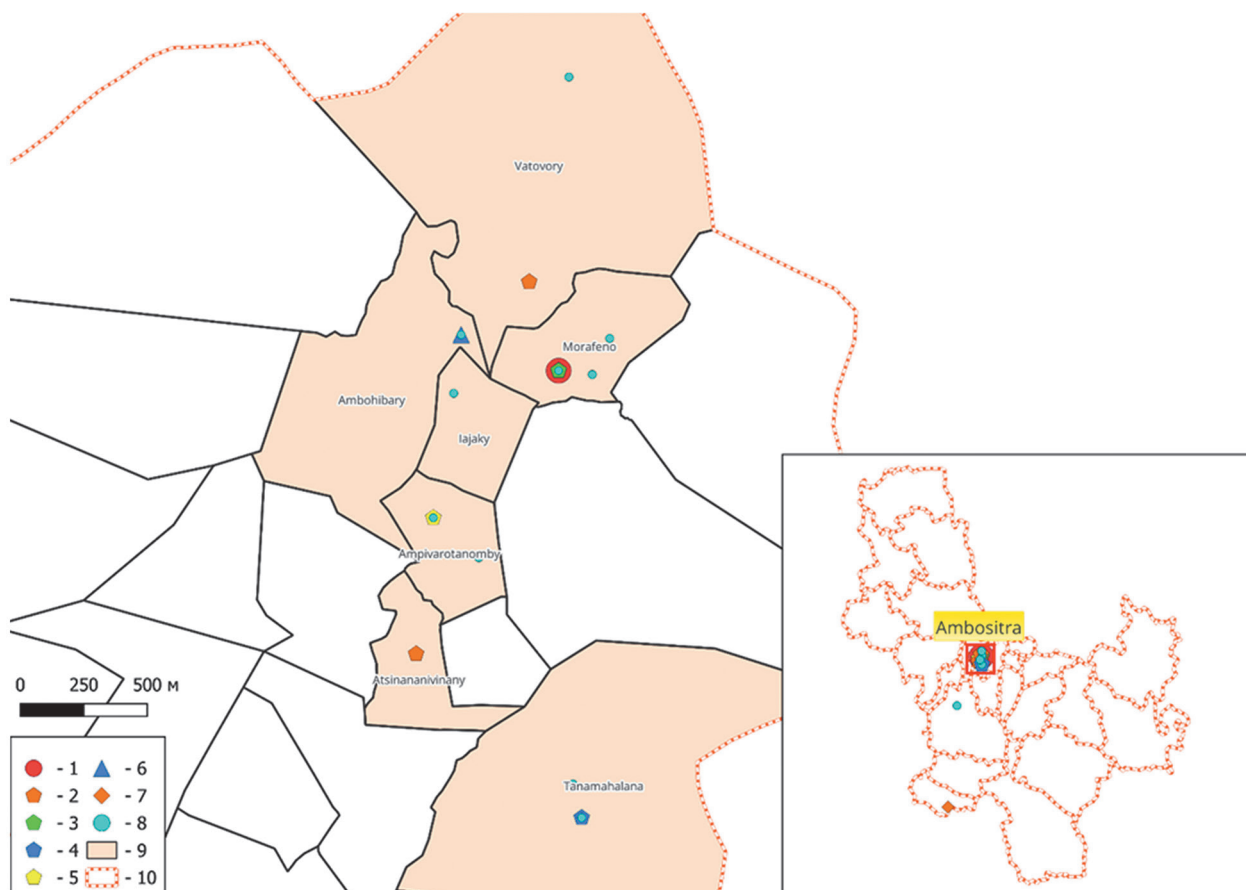


Рис. 3. Обнаружение генетических маркеров возбудителей природно-очаговых болезней:

1 – культура *Y. pestis*; 2 – ДНК *Y. pestis* от мелких млекопитающих; 3 – ДНК *Y. pestis* от эктопаразитов (блох); 4 – ДНК *Rickettsia* spp. SFG; 5 – ДНК *Anaplasma phagocytophilum*; 6 – РНК Orthohantavirus Hantaan; 7 – РНК Orthohantavirus Puumala; 8 – 16S РНК патогенных лептоспир; 9 – фоконтани (сельсоветы – муниципальное образование коммун); 10 – коммуны района Ambositra

Fig. 3. Detection of genetic markers of natural-focal disease agents:

1 – *Y. pestis* culture; 2 – *Y. pestis* DNA from small mammals; 3 – *Y. pestis* DNA from ectoparasites (fleas); 4 – *Rickettsia* spp. SFG DNA; 5 – *Anaplasma phagocytophilum* DNA; 6 – Orthohantavirus Hantaan RNA; 7 – Orthohantavirus Puumala RNA; 8 – 16S RNA of pathogenic leptospira; 9 – fokontani (village councils – municipal units of communes); 10 – communes of the Ambositra district

ная форма). При участии российских специалистов проведен осмотр и опрос заболевшего. До начала лечения антибиотиками медицинским персоналом госпиталя произведен забор биологического материала (кровь) на исследование. Для подтверждения клинического диагноза российскими специалистами в оперативном порядке выполнено лабораторное исследование материала методом ПЦР на базе мобильной лаборатории, дислоцированной на территории госпиталя. До получения результата членами экспедиционной команды был организован выезд по адресу проживания заболевшего, где проведены дополнительное эпизоотологическое обследование дома, придворовой территории, окрестностей близлежащих домов и оценка вероятных факторов передачи инфекции. При осмотре обнаружено, что дворовая территория не благоустроена, загромождена мусором и захламлена, что создавало благоприятные условия для распространения крыс. Визуально зафиксировано значительное количество грызунов (наблюдались следы их жизнедеятельности, норы, живые и павшие особи). Тем не менее лабораторное исследование проб от трех отловленных крыс показало, что они не

заражены возбудителем чумы. Проведены информационная работа с жителями по вопросам профилактики заражения чумой, дезинфекционные и дезинсекционные работы в пораженном районе.

Организация профилактических мероприятий продемонстрировала малагасийским специалистам российский подход к оперативному реагированию на чрезвычайные ситуации санитарно-эпидемиологического характера. Отработаны этапы сбора и транспортировки биологического материала, его лабораторного исследования и интерпретации результатов, этапы организации противоэпидемических и профилактических мероприятий.

Основные выводы по результатам экспедиционной работы. Результаты проведенного эпизоотологического мониторинга подтвердили присутствие возбудителя чумы среди мелких млекопитающих и их эктопаразитов на территории региона Amoron'i Mania Мадагаскара. Молекулярные исследования и полногеномный анализ выделенных штаммов показали их принадлежность к известной филогенетической линии 1.ORI3, распространенной на Мадагаскаре на протяжении последних десятилетий.

Регистрация возбудителя чумы в популяциях синантропных грызунов в сочетании с условиями традиционного быта населения свидетельствуют о высоких рисках распространения инфекции среди местного населения. Низкий уровень санитарной грамотности и высокая плотность населения увеличивают вероятность передачи возбудителя от грызунов к человеку, формируя серьезную эпидемическую угрозу.

Отмеченная циркуляция возбудителей других инфекционных болезней обуславливает наличие потенциальной угрозы для здоровья населения Республики Мадагаскар, связанной с недостаточным уровнем эпидемиологического надзора за рядом серьезных инфекционных заболеваний, таких как ГЛПС, гранулоцитарный анаплазмоз человека, лептоспироз, риккетсиоз.

Полученные данные показали, что отсутствие постоянного эпизоотологического мониторинга затрудняет оперативную реакцию на риски возникновения вспышек инфекционных болезней.

Результаты совместной экспедиции подтвердили необходимость расширения сотрудничества в вопросах мониторинга и контроля активности природных очагов опасных инфекционных заболеваний на Мадагаскаре.

Значимым результатом явилась передача современных российских мобильных лабораторий для оперативной работы непосредственно в очагах инфекционных болезней, а также накопленного опыта работы в активных очагах чумы, что повышает потенциал малагасийских специалистов по предупреждению и реагированию на биологические угрозы.

Перспективы дальнейшего взаимодействия предполагают продолжение совместных исследовательских проектов, подготовку малагасийских специалистов по широкому спектру программ повышения квалификации, предлагаемых Российской Федерацией, а также поддержку инициатив по совершенствованию эпидемиологического надзора по опасным инфекционным болезням в Республике Мадагаскар, включая внедрение мониторинговых и профилактических мероприятий. Совместные шаги России и Мадагаскара направлены на создание надежной основы для обеспечения биологической безопасности на глобальном уровне.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

Биоэтика. Все работы с животными соответствовали законодательству РФ, международным этическим нормам и нормативным документам.

Список литературы

1. Иванова А.В., Зубова А.А., Касьян Ж.А., Дмитриева Л.Н., Чумачкова Е.А., Зимирова А.А., Щербакова С.А., Кутырев

В.В. Обзор актуальных рисков заноса инфекционных болезней на территорию Российской Федерации из стран Африканского континента. *Дезинфекционное дело*. 2023; (4):33–45. DOI: 10.35411/2076-457X-2023-4-33-45.

2. Morelli G., Song Y., Mazzoni C.J., Eppinger M., Roumagnac P., Wagner D.M., Feldkamp M., Kusecek B., Vogler A.J., Li Y., Cui Y., Thomson N.R., Jombart T., Leblois R., Lichtner P., Rahalison L., Petersen J.M., Balloux F., Keim P., Wirth T., Ravel J., Yang R., Carniel E., Achtman M. *Yersinia pestis* genome sequencing identifies patterns of global phylogenetic diversity. *Nat. Genet.* 2010; 42(12):1140–3. DOI: 10.1038/ng.705.

3. Kutyrev V.V., Eroshenko G.A., Motin V.L., Nosov N.Y., Krasnov J.M., Kukleva L.M., Nikiforov K.A., Al'khova Z.V., Oglodin E.G., Guseva N.P. Phylogeny and classification of *Yersinia pestis* through the lens of strains from the plague foci of Commonwealth of Independent States. *Front. Microbiol.* 2018; 9:1106. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01106.

4. Попов Н.В., Карнаухова И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Марцоха К.С., Маггеррамов Ш.В., Пospelov M.B., Корзун В.М., Вержуцкий Д.Б., Чипанин Е.В., Холин А.В., Лопатин А.А., Дубянский В.М., Ашибоков У.М., Газиева А.Ю., Кутырев И.В., Аязбаев Т.З., Бамматов Д.М., Балахонов С.В., Куличенко А.Н., Кутырев В.В. Эпидемиологическая обстановка по чуме в мире и прогноз ее развития на 2025 г. в Российской Федерации. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2025; (1):74–83. DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-74-83.

5. Иванова А.В., Маггеррамов Ш.В., Шарова И.Н., Сеничкина А.М., Кондратьев Е.Н., Коробкин Н.А., Ширшов А.В., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Опыт организации экспедиционной работы в очагах чумы на Мадагаскаре. В кн.: Иванова А.Ю., Кутырев В.В., редакторы. Сборник материалов VI Международной научно-практической конференции по вопросам противодействия инфекционным заболеваниям (11–12 декабря 2025 г., Санкт-Петербург). Саратов; 2025. С. 121–3.

6. Girard G., Robic J. L'état actuel de la peste à Madagascar et la prophylaxie vaccinale par le virus vaccin E.V. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 1942; 35(1-2):42–9.

7. Кутырев В.В., Попов Н.В., Ерошенко Г.А., Меркулова Т.К. Чума на о. Мадагаскар. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2011; (2):5–11. DOI: 10.21055/0370-1069-2011-2(108)-5-11.

8. Иванова А.Ю., Кутырев В.В., Щербакова С.А., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В., Пакскина Н.Д., Топорков В.П., Попов Н.В., Сизова Я.В., Ерошенко Г.А., Бугоркова С.А., Шуковская Т.Н., Карнаухова И.Г., Осина Н.А., Поршаков А.М., Шарова И.Н., Удовиченко С.К., Иванова А.В. Вспышка легочной чумы на о. Мадагаскар в 2017 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2017; (4):5–14. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-4-5-14.

9. ВОЗ. Disease outbreak news – Мадагаскар. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/emergencies/disease-outbreak-news/item/plague---madagascar>.

10. Козакевич В.П., Варшавский С.Н., Лавровский А.А. Природная очаговость чумы на Мадагаскаре. *Проблемы особо опасных инфекций*. 1973; (1):26–32.

11. Duplantier J.-M., Duchemin J.-B., Ratsitorahina M., Rahalison L., Chanteau S. Résurgence de la peste dans le District d'Ikongo à Madagascar en 1998. 2. Réservoirs et vecteurs impliqués. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 2001; 94(2):119–22.

12. Duplantier J.-M., Duchemin J.-B. Human diseases and introduced small mammals. In: Goodman S.M., Benstead J.P., editors. *The Natural History of Madagascar*. Chicago-London: The University of Chicago; 2003. P. 158–61.

13. Rahelinirina S., Harimalala M., Rakotoniana J., Randriamanantsoa M.G., Dentinger C., Zohdy S., Girod R., Rajerison M. Tracking of mammals and their fleas for plague surveillance in Madagascar, 2018–2019. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2022; 106(6):1601–9. DOI: 10.4269/ajtmh.21-0974.

14. Leger J.-P. Une saison de peste en brousse malgache. *Annales de Médecine et de Pharmacie Coloniales*. 1934; 32:293–308.

15. Brygoo E.-R. Epidémiologie de la peste à Madagascar. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*. 1966; 35:9–147.

16. Арутюнов Ю.И., Москвитина Э.А., Ломов Ю.М., Мишанькин Б.Л., Волохонская Н.Л. Некоторые особенности эпидемических проявлений чумы на Мадагаскаре. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2001; (2):61–8.

17. Atlas de la peste à Madagascar. Institut Pasteur de Madagascar; 2006. 53 p. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pasteur.mg/IMG/pdf/Atlas-Peste.pdf>.

18. Boisier P., Rasolomaharo M., Ranaivoson G., Rasoamanana B., Rakoto L., Andrianirina Z., Andriamahafazafy B., Chanteau S. Urban epidemic of bubonic plague in Mahajanga, Madagascar: epidemiological aspects. *Trop. Med. Int. Health.* 1997; 2(5):422–7.

19. Chanteau S., Ratsifasoamanana L., Rasoamanana B., Rahalison L., Randriambelosoa J., Roux J., Rabeson D. Plague, a reemerging disease in Madagascar. *Emerg. Infect. Dis.* 1998; 4(1):101–4. DOI: 10.3201/eid0401.980114.

20. Tsubaki S., Lee H., Miura F., Chan Y.H., Jung S.M., Akhmetzhanov A.R., Nishiura H. Dynamics of the pneumonic plague

epidemic in Madagascar, August to October 2017. *Euro Surveill.* 2017; 22(46):17-00710. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.46.17-00710.

21. Vogler A.J., Chan F., Wagner D.M., Roumagnac P., Lee J., Nera R., Eppinger M., Ravel J., Rahalison L., Rasoamanana B.W., Beckstrom-Sternberg S.M., Achtman M., Chanteau S., Keim P. Phylogeography and molecular epidemiology of *Yersinia pestis* in Madagascar. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2011; 5(9):e1319. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001319.

References

1. Ivanova A.V., Zubova A.A., Kas'yan Zh.A., Dmitrieva L.N., Chumachkova E.A., Zimirova A.A., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. [Overview of current risks of introducing infectious diseases into the Russian Federation from African Countries]. *Dezinfektsionnoe Delo [Disinfection Affairs]*. 2023; (4):33-45. DOI: 10.35411/2076-457X-2023-4-33-45.

2. Morelli G., Song Y., Mazzoni C.J., Eppinger M., Roumagnac P., Wagner D.M., Feldkamp M., Kusecek B., Vogler A.J., Li Y., Cui Y., Thomson N.R., Jombart T., Leblois R., Lichtner P., Rahalison L., Petersen J.M., Balloux F., Keim P., Wirth T., Ravel J., Yang R., Carniel E., Achtman M. *Yersinia pestis* genome sequencing identifies patterns of global phylogenetic diversity. *Nat. Genet.* 2010; 42(12):1140-3. DOI: 10.1038/ng.705.

3. Kutyrev V.V., Eroshenko G.A., Motin V.L., Nosov N.Y., Krasnov J.M., Kukleva L.M., Nikiforov K.A., Al'khova Z.V., Oglodin E.G., Guseva N.P. Phylogeny and classification of *Yersinia pestis* through the lens of strains from the plague foci of Commonwealth of Independent States. *Front. Microbiol.* 2018; 9:1106. DOI: 10.3389/fmicb.2018.01106.

4. Popov N.V., Karnaukhov I.G., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Ivanova A.V., Martsokha K.S., Magerramov Sh.V., Pospelov M.V., Korzun V.M., Verzhutsky D.B., Chipanin E.V., Kholin A.V., Lopatin A.A., Dubyansky V.M., Ashibokov U.M., Gazieva A.Yu., Kutyrev I.V., Ayazbaev T.Z., Bamatov D.M., Balakhonov S.V., Kulichenko A.N., Kutyrev V.V. [The epidemiological situation on plague in the world and the forecast of its development for 2025 in the Russian Federation]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2025; (1):74-83. DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-74-83.

5. Ivanova A.V., Magerramov Sh.V., Sharova I.N., Senichkina A.M., Kondratiev E.N., Korobkin N.A., Shirshov A.V., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. [Experience in organizing expeditionary work in plague foci in Madagascar]. In: Popova A.Yu., Kutyrev V.V., editors. [Collection of Materials of the VI International Scientific and Practical Conference on Infectious Diseases Control (December 11-12, 2025, Saint Petersburg)]. Saratov; 2025. P. 121-3.

6. Girard G., Robic J. L'état actuel de la peste à Madagascar et la prophylaxie vaccinale par le virus vaccin E.V. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 1942; 35(1-2):42-9.

7. Kutyrev V.V., Popov N.V., Eroshenko G.A., Merkulova T.K. [Plague on Madagascar Island]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2011; (2):5-11. DOI: 10.21055/0370-1069-2011-2(108)-5-11.

8. Popova A.Yu., Kutyrev V.V., Shcherbakova S.A., Yezhlova E.B., Demina Yu.V., Pakskina N.D., Toporkov V.P., Popov N.V., Sizova Ya.V., Eroshenko G.A., Bugorkova S.A., Shchukovskaya T.N., Karnaukhov I.G., Osina N.A., Porshakov A.M., Sharova I.N., Udovichenko S.K., Ivanova A.V. [Outbreak of pneumonic plague on Madagascar island in 2017]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2017; (4):5-14. DOI: 10.21055/0370-1069-2017-4-5-14.

9. WHO. Disease outbreak news – Madagascar. [Internet]. Available from: <https://www.who.int/ru/emergencies/disease-outbreak-news/item/plague---madagascar>.

10. Kozakevich V.P., Varshavsky S.N., Lavrovsky A.A. [Natural foci of plague in Madagascar]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 1973; (1):26-32.

11. Duplantier J.-M., Duchemin J.-B., Ratsitorahina M., Rahalison L., Chanteau S. Résurgence de la peste dans le District d'Ikongo à Madagascar en 1998. 2. Réservoirs et vecteurs impliqués. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 2001; 94(2):119-22.

12. Duplantier J.-M., Duchemin J.-B. Human diseases and introduced small mammals. In: Goodman S.M., Benstead J.P., edi-

tors. *The Natural History of Madagascar*. Chicago-London: The University of Chicago; 2003. P. 158-61.

13. Rahelinirina S., Harimalala M., Rakotoniaina J., Randriamanantsoa M.G., Dentinger C., Zohdy S., Girod R., Rajerison M. Tracking of mammals and their fleas for plague surveillance in Madagascar, 2018-2019. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2022; 106(6):1601-9. DOI: 10.4269/ajtmh.21-0974.

14. Leger J.-P. Une saison de peste en brousse malgache. *Annales de Médecine et de Pharmacie Coloniales*. 1934; 32:293-308.

15. Brygoo E.-R. Épidémiologie de la peste à Madagascar. *Archives de l'Institut Pasteur de Madagascar*. 1966; 35:9-147.

16. Arutyunov Yu.I., Moskvitina E.A., Lomov Yu.M., Mishankin B.L., Volokhonskaya N.L. [Some features of epidemic plague manifestations in Madagascar]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2001; (2):61-8.

17. Atlas de la peste à Madagascar. Institut Pasteur de Madagascar; 2006. 53 p. [Internet]. Available from: <http://www.pasteur.mg/IMG/pdf/Atlas-Peste.pdf>.

18. Boisier P., Rasolomaharo M., Ranaivoson G., Rasoamanana B., Rakoto L., Andrianirina Z., Andriamahafazafy B., Chanteau S. Urban epidemic of bubonic plague in Mahajanga, Madagascar: epidemiological aspects. *Trop. Med. Int. Health.* 1997; 2(5):422-7.

19. Chanteau S., Ratsifasoamanana L., Rasoamanana B., Rahalison L., Randriambelosoa J., Roux J., Rabeson D. Plague, a reemerging disease in Madagascar. *Emerg. Infect. Dis.* 1998; 4(1):101-4. DOI: 10.3201/eid0401.980114.

20. Tsuzuki S., Lee H., Miura F., Chan Y.H., Jung S.M., Akhmetzhanov A.R., Nishiura H. Dynamics of the pneumonic plague epidemic in Madagascar, August to October 2017. *Euro Surveill.* 2017; 22(46):17-00710. DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2017.22.46.17-00710.

21. Vogler A.J., Chan F., Wagner D.M., Roumagnac P., Lee J., Nera R., Eppinger M., Ravel J., Rahalison L., Rasoamanana B.W., Beckstrom-Sternberg S.M., Achtman M., Chanteau S., Keim P. Phylogeography and molecular epidemiology of *Yersinia pestis* in Madagascar. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2011; 5(9):e1319. DOI: 10.1371/journal.pntd.0001319.

Authors:

Popova A.Yu. Federal Service for Surveillance on Consumers Rights Protection and Human Wellbeing; Bld. 5 and 7, 18, Vadkovsky Lane, Moscow, 127994, Russian Federation. Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; 2/1, Barrikadnaya St., Moscow, 125993, Russian Federation.

Yasmine L.L. Ministry of Public Health of the Republic of Madagascar. Antananarivo, Republic of Madagascar.

Andrianarivelo A.M., Razanadrakoto I.I., Rakotoarison R.L., Randriamihaja J., Rafaramalala S.S., Rabenantoandro H. Laboratoire d'Analyses Médicales Malagasy (LA2M). Antananarivo, Republic of Madagascar.

Ivanova A.V., Magerramov Sh.V., Senichkina A.M., Sharova I.N., Kondrat'ev E.N., Katyshev A.D., Kulagin M.A., Korobkin N.A., Kovrizhnikov A.V., Eroshenko G.A., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe". 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

Об авторах:

Попова А.Ю. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека; Российская Федерация, 127994, Москва, Вадковский пер., 18, стр. 5 и 7. Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования; Российская Федерация, 125993, Москва, ул. Баррикадная, 2/1.

Yasmine L.L. Министерство общественного здравоохранения Республики Мадагаскар. Республика Мадагаскар, Антананариву.

Андрианаривело А.М., Разанадракото И.И., Ракотоарисон Р.Л., Рандриамихажа Ж., Рафарамалала С.С., Рабенантоандро Н. Лаборатория медицинского анализа. Республика Мадагаскар, Антананариву.

Иванова А.В., Маггеррамов Ш.В., Сеничкина А.М., Шарова И.Н., Кондратьев Е.Н., Катышев А.Д., Кулагин М.А., Коробкин Н.А., Коврижников А.В., Ерошенко Г.А., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrapi@microbe.ru.