

DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-74-83

УДК 616.98:579.842.22(100)

Н.В. Попов<sup>1</sup>, И.Г. Карнаухов<sup>1</sup>, А.А. Кузнецов<sup>1</sup>, А.Н. Матросов<sup>1</sup>, А.В. Иванова<sup>1</sup>, К.С. Марцоха<sup>1</sup>, Ш.В. Магеррамов<sup>1</sup>, М.В. Поспелов<sup>1</sup>, В.М. Корзун<sup>2</sup>, Д.Б. Вержущий<sup>2</sup>, Е.В. Чипанин<sup>2</sup>, А.В. Холин<sup>2</sup>, А.А. Лопатин<sup>3</sup>, В.М. Дубянский<sup>4</sup>, У.М. Ашибокров<sup>4</sup>, А.Ю. Газиева<sup>4</sup>, И.В. Кутырев<sup>5</sup>, Т.З. Аязбаев<sup>6</sup>, Д.М. Бамматов<sup>7</sup>, С.В. Балахонов<sup>2</sup>, А.Н. Куличенко<sup>4</sup>, В.В. Кутырев<sup>1</sup>

## Эпидемиологическая обстановка по чуме в мире и прогноз ее развития на 2025 г. в Российской Федерации

<sup>1</sup>ФКУН «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация;

<sup>2</sup>ФКУЗ «Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока», Иркутск, Российская Федерация; <sup>3</sup>ФКУЗ «Противочумный центр», Москва, Российская Федерация; <sup>4</sup>ФКУЗ «Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт», Ставрополь, Российская Федерация; <sup>5</sup>ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии», Москва, Российская Федерация; <sup>6</sup>Казахский научный центр карантинных и зоонозных инфекций имени Масгута Айкимбаева Министерства здравоохранения Республики Казахстан, Алматы, Республика Казахстан; <sup>7</sup>ФКУЗ «Астраханская противочумная станция», Астрахань, Российская Федерация

Целью обзора является оценка эпидемиологической ситуации по чуме в мире и прогноз ее развития в 2025 г. в Российской Федерации. В 2015–2024 гг. эпидемические проявления чумы зарегистрированы на территории десяти государств. Общее число случаев заболевания составило 5880, из них летальных – 582 (показатель летальности – 9,9 %). В 2024 г. в мире случаи заболевания чумой зарегистрированы в четырех государствах: Демократической Республике Конго (провинция Итури), Республике Мадагаскар (провинция Фианаранцуа), США (штаты Колорадо, Нью-Мексико, Орегон), Китайской Народной Республике. Всего зарегистрировано 443 случая заболевания чумой, из которых 17 (3,8 %) закончились летальным исходом. На территории Российской Федерации отмечается эпизоотическое благополучие по чуме, однако практически ежегодно часть природных очагов проявляют эпизоотическую активность. В 2015–2024 гг. зараженные чумой животные выявлены в четырех природных очагах: Центральном-Кавказском высокогорном, Горно-Алтайском высокогорном, Тувинском горном, Прикаспийском песчаном. Всего в 2015–2024 гг. на энзоотичной по чуме территории Российской Федерации выделено 370 штаммов чумного микроба. Общая площадь выявленных эпизоотий чумы составила 15 618,0 км<sup>2</sup>. В 2024 г. локальные эпизоотии чумы зарегистрированы на территории Кош-Агачского района Республики Алтай, Монгун-Тайгинского кожууна Республики Тыва. Эпизоотии чумы выявлены на территории двух (Горно-Алтайского высокогорного и Тувинского горного) из 11 природных очагов чумы Российской Федерации. Общая площадь эпизоотий составила 308,9 км<sup>2</sup> (2023 г. – 731,2 км<sup>2</sup>). Всего в 2024 г. изолировано 8 (в 2023 г. – 55) культур чумного микроба. Вследствие выполнения учреждениями Роспотребнадзора комплекса профилактических мероприятий, эпидемические риски в эпизоотически активных природных очагах нивелированы, что явилось основой обеспечения эпидемиологического благополучия по чуме. Обосновано сохранение в 2025 г. низкого эпизоотического потенциала равнинных природных очагов чумы Прикаспия и Забайкалья. Дан прогноз на сохранение в 2025 г. напряженной эпидемиологической обстановки на территории республик Алтай и Тыва. Отмечена перспективность использования аналитической платформы Loginom для оценки потенциальной эпидемической опасности и прогнозирования эпидемиологической обстановки в природных очагах чумы.

**Ключевые слова:** природные очаги чумы, эпизоотическая активность, эпидемиологический надзор, профилактические мероприятия, аналитическая платформа Loginom, ГИС-портал.

Корреспондирующий автор: Попов Николай Владимирович, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Для цитирования: Попов Н.В., Карнаухов И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Марцоха К.С., Магеррамов Ш.В., Поспелов М.В., Корзун В.М., Вержущий Д.Б., Чипанин Е.В., Холин А.В., Лопатин А.А., Дубянский В.М., Ашибокров 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

Поступила 11.02.2025. Принята к публикации 17.02.2025.

N.V. Popov<sup>1</sup>, I.G. Karnaukhov<sup>1</sup>, A.A. Kuznetsov<sup>1</sup>, A.N. Matrosov<sup>1</sup>, A.V. Ivanova<sup>1</sup>, K.S. Martsokha<sup>1</sup>, Sh.V. Magerramov<sup>1</sup>, M.V. Pospelov<sup>1</sup>, V.M. Korzun<sup>2</sup>, D.B. Verzhutsky<sup>2</sup>, E.V. Chipanin<sup>2</sup>, A.V. Kholin<sup>2</sup>, A.A. Lopatin<sup>3</sup>, V.M. Dubyansky<sup>4</sup>, U.M. Ashibokov<sup>4</sup>, A.Yu. Gazieva<sup>4</sup>, I.V. Kutyrev<sup>5</sup>, T.Z. Ayazbaev<sup>6</sup>, D.M. Bammatov<sup>7</sup>, S.V. Balakhonov<sup>2</sup>, A.N. Kulichenko<sup>4</sup>, V.V. Kutyrev<sup>1</sup>

## The Epidemiological Situation on Plague in the World and the Forecast of its Development in the Russian Federation for 2025

<sup>1</sup>Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation;

<sup>2</sup>Irkutsk Research Anti-Plague Institute of Siberia and the Far East, Irkutsk, Russian Federation;

<sup>3</sup>Plague Control Center, Moscow, Russian Federation;

<sup>4</sup>Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation;

<sup>5</sup>Central Research Institute of Epidemiology, Moscow, Russian Federation;

<sup>6</sup>Kazakh Scientific Center for Quarantine and Zoonotic Infections named after M. Aikimbaev of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan;

<sup>7</sup>Astrakhan Plague Control Station, Astrakhan, Russian Federation

**Abstract.** The aim of the review was to assess the epidemiological situation on plague in the world and to forecast its development in the Russian Federation in 2025. Epidemic manifestations of plague in 2015–2024 were registered

on the territory of 10 states. The total number of cases was 5880; of which 582 were lethal (the mortality rate reached 9.9 %). In 2024, worldwide, cases of plague were reported in four countries: the Democratic Republic of the Congo (Ituri Province), the Republic of Madagascar (Fianarantsoa Province), the United States of America (Colorado, New Mexico, Oregon), and the People's Republic of China. A total of 443 cases of plague were registered, of which 17 (3.8 %) had fatal outcome. The Russian Federation reported epidemiological security as regards plague, however, almost every year some of the natural foci show epizootic activity. In 2015–2024, plague-infected animals were detected in 4 natural foci: the Central Caucasian high-mountain, the Gorno-Altai high-mountain, the Tuva mountain, and the Precaspian sandy plague foci. In total, 370 strains of plague agent were isolated in the plague-enzootic territory of the Russian Federation in 2015–2024. The total area of the identified plague epizootics was 15 618.0 km<sup>2</sup>. In 2024, local plague epizootics were registered in the Kosh-Agach district of the Altai Republic, Mongun-Taiga Kozhuun of the Republic of Tyva. Plague epizootics were detected on the territory of 2 (Gorno-Altai high-mountain and Tuva mountain) of the 11 natural plague foci of the Russian Federation. The total area of epizootics was 308.9 km<sup>2</sup> (2023 – 731.2 km<sup>2</sup>). In total, 8 plague microbe cultures were isolated in 2024 (55 in 2023). Due to the implementation of a set of preventive measures through the efforts of the Rospotrebnadzor institutions, epidemic risks in epizootically active natural foci were significantly reduced, which was the basis for ensuring epidemiological safety as regards plague. The maintaining of the low epizootic potential of the lowland natural plague foci of the Caspian and Trans-Baikal areas in 2025 has been established. The forecast for the sustained tense epidemiological situation in the territory of the Altai Republic and the Republic of Tyva in 2025 is substantiated. The prospects of using the Loginom analytical platform to assess the potential epidemic hazard and predict the epidemiological situation in natural plague foci are outlined.

**Key words:** natural plague foci, epizootic activity, epidemiological surveillance, preventive measures, Loginom analytical platform, GIS portal.

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

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

**Corresponding author:** Nikonay V. Popov, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

**Citation:** 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 in the Russian Federation for 2025. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2025; 1:74–83. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2025-1-74-83

Received 11.02.2025. Accepted 17.02.2025.

Popov N.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4099-9261>  
Karnaukhov I.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8181-6727>  
Kuznetsov A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0677-4846>  
Matrosov A.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4893-7188>  
Ivanova A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-3866>  
Martsokha K.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2913-3766>  
Magerramov Sh.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2578-1558>  
Pospelov M.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2994-473X>  
Korzun V.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1947-5252>  
Verzhutsky D.B., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5139-616X>

Chipanin E.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-1409>  
Kholin A.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9344-3542>  
Lopatin A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5426-3311>  
Dubyansky V.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3817-2513>  
Ashibokov U.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9197-588X>  
Gazieva A.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8775-0087>  
Kutyrev I.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1119-6267>  
Balakhonov S.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4201-5828>  
Kulichenko A.N., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9362-3949>  
Kutyrev V.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3788-3452>

**Эпидемиологическая ситуация по чуме в мире в 2024 г.** В условиях глобального потепления климата паразитарные системы природных очагов чумы, расположенных во многих регионах мира, продолжают находиться в депрессивном состоянии, что обуславливает снижение их эпизоотической активности и потенциальной эпидемической опасности [1–5]. Число случаев заражений чумой в странах Северной и Южной Америки, Азии продолжает сокращаться [6–11] (рис. 1).

Заболевание чумой в 2015–2024 гг. зарегистрированы в Африке (Мадагаскар, Демократическая Республика Конго (ДРК), Танзания, Уганда), Америке (США, Боливия, Перу) и Азии (Китай, Монголия, Россия). Всего в 10 государствах мира зарегистрировано 5880 случаев заболевания чумой, из них 582 – с летальным исходом (9,9 %). Наиболее сложная эпидемиологическая обстановка имела место в странах Африканского региона [12–15], в том числе: на Мадагаскаре – 3649 случаев (430 – с летальным исходом) и в ДРК – 2121 (120). В других африканских странах заболеваемость чумой носила спорадический характер, в частности в Танзании выявлено 5 случаев, из них 3 – с летальным исходом, Уганде –

5 (1). В Американском регионе случаи зарегистрированы в США – 45 (9), Перу – 10 (1) и Боливии – 1 (1); на территориях азиатской части Евразии случаи выявлены в Монголии – 20 (10), Китае – 22 (7), России – 2 (0). По данным Всемирной организации здравоохранения, национальных ведомств, отвечающих за эпидемиологический и эпизоотологический надзор за природно-очаговыми инфекциями, и публикациям в СМИ в 2024 г. в четырех странах мира выявлено 443 случая чумы.

В 2024 г. в ДРК в провинции Итури зарегистрировано 435 случаев, 13 – с летальным исходом. В Республике Мадагаскар – 3 случая заболевания, 2 – с летальным исходом в коммуне Ивато провинции Фианаранцуа региона Амори-Мания. В США зарегистрировано 3 случая заболевания чумой, 1 – с летальным исходом: по сообщению Департамента здравоохранения штата Орегон от 07.02.2024, зарегистрирован 1 случай в округе Дешут, источником инфицирования послужила домашняя кошка; согласно пресс-релизу Департамента здравоохранения штата Нью-Мексико от 08.03.2024 зарегистрирован случай с летальным исходом в округе Линкольн; по сообщениям Департамента общественного здравоохранения

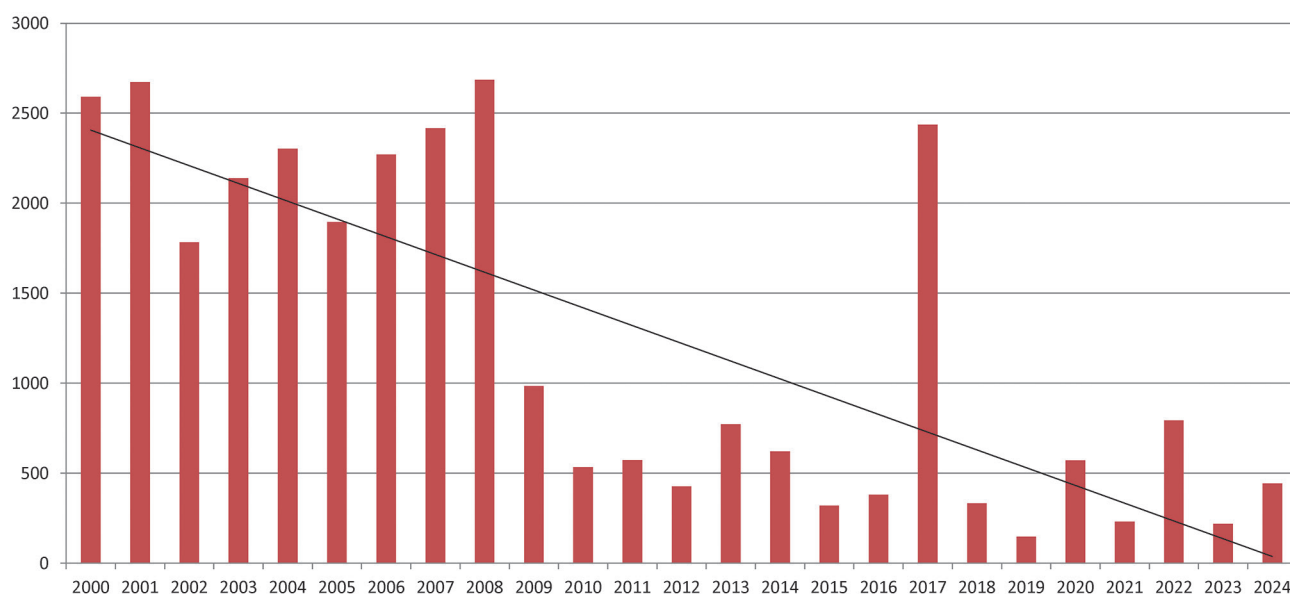


Рис. 1. Многолетняя динамика количества случаев заболевания чумой в мире, 2000–2024 гг.

Fig. 1. Long-term dynamics of the number of plague cases in the world, 2000–2024

округа Пуэбло, штат Колорадо, имел место случай инфицирования человека чумой (бубонная форма). По данным CDC, в Китае в 2024 г. имели место 2 случая инфицирования чумой: первый случай (бубонная форма) зарегистрирован 31.07.2024 во Внутренней Монголии, заболевший – пастух (вероятная причина – употребление мяса зараженного зайца); второй случай – 16.08.2024 в Тибетском автономном районе (вторично-легочная форма, летальный исход), также пастух, известно о факте свежевания им тушки сурка. В обоих случаях серологическое исследование образцов, взятых от животных, показало наличие маркеров возбудителя чумы.

В 2024 г. также выявлены зараженные чумой животные на территории США, Монголии, Кыргызской Республики, Республики Казахстан. В США в округе Сиерра (штат Калифорния) возбудитель чумы выделен от домашней кошки (26.01.2024); в штате Южная Дакота – от луговых собачек (05.06.2024); в штате Айдахо – от чернохвостого оленя (18.09.2024). В Монголии в летний период 2024 г. (с 16 июля по 3 августа) выявлены эпизоотии чумы на площади 252 км<sup>2</sup> (выделено 5 штаммов возбудителя чумы от серых сурков) в границах монгольской части трансграничного Сайлюгемского природного очага чумы. В Кыргызской Республике в августе 2024 г. отмечена активизация Аксайского высокогорного природного очага, где культуры возбудителя чумы выделены от серого сурка (12) и тушканчика Виноградова (1) [16].

В Республике Казахстан напряженная эпизоотологическая ситуация сохраняется на территории Северо-Приаральского, Приаральско-Каракумского, Кызылкумского, Прибалхашского, Предустюртского пустынных и Илийского межгорного природных очагов чумы [17, 18].

На территории Российской Федерации в 2015–2024 гг. эпизоотии чумы зарегистрированы в че-

тырех природных очагах: Центрально-Кавказском высокогорном, Горно-Алтайском высокогорном, Тувинском горном, Прикаспийском песчаном. Всего в 2015–2024 гг. в Российской Федерации выделено 370 штаммов возбудителя чумы. Общая площадь выявленных эпизоотий чумы составила 15 618,0 км<sup>2</sup> (таблица).

Всего в 2024 г. при проведении эпизоотологического обследования 11 природных очагов чумы Российской Федерации исследовано бактериологическим методом 44 474 экз. носителей, 133 541 экз. переносчиков, в том числе 125 215 блох. Локальные эпизоотии чумы выявлены в Кош-Агачском районе Республики Алтай (Горно-Алтайский высокогорный очаг) и Монгун-Тайгинском кожууне Республики Тыва (Тувинский горный очаг). Общая площадь выявленных эпизоотий составила 308,9 км<sup>2</sup>, изолировано 8 культур возбудителя чумы. Остальные 9 природных очагов чумы Российской Федерации: Центрально-Кавказский высокогорный, Терско-Сунженский низкогорный, Дагестанский равнинно-предгорный, Прикаспийский Северо-Западный степной, Волго-Уральский степной, Забайкальский степной, Волго-Уральский песчаный, Прикаспийский песчаный, Восточно-Кавказский высокогорный – продолжают оставаться в состоянии межэпизоотического периода.

В 2024 г. в Горно-Алтайском высокогорном, Тувинском горном и Центрально-Кавказском высокогорном природных очагах, где сохраняются риски заражения чумой человека, обеспечено эпидемиологическое благополучие по чуме, главным образом за счет выполнения комплекса профилактических (противоэпидемических) мероприятий, а также усиления материально-технических и людских ресурсов Алтайской, Тувинской, Кабардино-Балкарской противочумных станций (ПЧС) Роспотребнадзора

Показатели эпизоотической активности природных очагов чумы на территории Российской Федерации в 2015–2024 гг.  
Indicators of epizootic activity of natural plague foci on the territory of the Russian Federation in 2015–2024

| Год<br>Year            | Название очага, количество выделенных культур, площадь эпизоотии<br>Natural plaque focus, number of isolated cultures, epizootic area |                                        |                                                        |                                        |                                                        |                                        |                                                                          |                                        |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                        | Горно-Алтайский<br>высокогорный<br>Gorno-Altai high-mountain                                                                          |                                        | Тувинский горный<br>Tuva mountain                      |                                        | Прикаспийский песчаный<br>Precaspian sandy             |                                        | Центрально-Кавказский<br>высокогорный<br>Central Caucasian high-mountain |                                        |
|                        | Количество<br>культур<br>Number of<br>isolated strains                                                                                | Площадь, км²<br>Epizootic area,<br>km² | Количество<br>культур<br>Number of<br>isolated strains | Площадь, км²<br>Epizootic area,<br>km² | Количество<br>культур<br>Number of<br>isolated strains | Площадь, км²<br>Epizootic area,<br>km² | Количество<br>культур<br>Number of<br>isolated strains                   | Площадь, км²<br>Epizootic area,<br>km² |
| 2015                   | 23                                                                                                                                    | 482,4                                  | 19                                                     | 791                                    | 4                                                      | 300                                    | –                                                                        | –                                      |
| 2016                   | 65                                                                                                                                    | 916,6                                  | 22                                                     | 776                                    | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2017                   | 49                                                                                                                                    | 878,8                                  | –                                                      | 1041,6                                 | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2018                   | 17                                                                                                                                    | 834,2                                  | 2                                                      | 1807                                   | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2019                   | 13                                                                                                                                    | 587,4                                  | 23                                                     | 1661,1                                 | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2020                   | 9                                                                                                                                     | 585,0                                  | 14                                                     | 2019,1                                 | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2021                   | 9                                                                                                                                     | 500,0                                  | 8                                                      | 1148,7                                 | –                                                      | –                                      | 11                                                                       | 0,75                                   |
| 2022                   | 2                                                                                                                                     | 83,7                                   | 17                                                     | 164,6                                  | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2023                   | 18                                                                                                                                    | 251                                    | 37                                                     | 480,2                                  | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| 2024                   | 4                                                                                                                                     | 226,6                                  | 4                                                      | 82,3                                   | –                                                      | –                                      | –                                                                        | –                                      |
| <b>Всего<br/>Total</b> | 209                                                                                                                                   | 5345,7                                 | 146                                                    | 9971,6                                 | 4                                                      | 300                                    | 11                                                                       | 0,75                                   |

путем командирования специалистов из других противочумных учреждений. В частности, для проведения профилактических мероприятий на территории Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы дополнительно привлечены специалисты Российского противочумного института «Микроб» (4 сотрудника), Иркутского (8), Ставропольского (1), Ростовского (2) противочумных институтов Роспотребнадзора; Тувинского горного природного очага – Противочумного центра (4), Иркутского противочумного института (2), Читинской ПЧС (1) Роспотребнадзора. Выполнение «Межведомственного комплексного плана мероприятий по профилактике чумы на территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы на 2022–2024 гг.» обеспечено силами учреждений Роспотребнадзора: Кабардино-Балкарской ПЧС во взаимодействии со Ставропольским противочумным институтом (5 сотрудников), Российским противочумным институтом «Микроб» (3), Дагестанской ПЧС (6), Астраханской ПЧС (4).

В природных очагах чумы, характеризующихся высоким эпизоотическим потенциалом, большое внимание уделено проведению вакцинации против чумы временных или постоянных контингентов населения. В частности, в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге привито против чумы фактически все население Кош-Агачского района Республики Алтай, включая лиц, прибывающих в летний период на природно-очаговую территорию в длительные командировки, на отдых. В 2024 г. число вакцинированных при плане 15 026 человек составило 15 039 человек (100,1 %). В Тувинском горном и Центрально-Кавказском высокогорном

природных очагах чумы ежегодная вакцинация против чумы проводится отдельным контингентам, относящимся к группам повышенного риска заражения. На территории Тувинского горного природного очага чумы в 2024 г. план вакцинации выполнен на 100 % – 9651 человек. На территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы в 2024 г. при плане 7500 человек вакцинирован 7901 человек (105,3 %). Дополнительная вакцинация потребовалась вследствие интенсивного освоения территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы в рекреационных целях, в результате чего произошел недоучет лиц, временно пребывающих на природно-очаговой территории. Это обсуживающий персонал гостиниц, зон отдыха, временных пунктов продажи и общественного питания в районе теплых источников Джилы-Су и Битюк-Тюбе. Проведена вакцинация сотрудников постов ДПС и лиц, обслуживающих отгонное животноводство на Зольских пастбищах (Кубано-Малкинский район). Провакцинированы пограничники по урочищам Уллукам кош, Ворошилов кош (Верхне-Кубанский район). Привиты сотрудники вновь образованных частных туристических фирм. В целом противочумными станциями (Алтайской, Тувинской, Кабардино-Балкарской) ежегодно осуществляется корректировка числа лиц, подлежащих вакцинации, с учетом контингентов, временно пребывающих на природно-очаговой территории. Показателем эффективности планирования и проведения вакцинации против чумы населения на природно-очаговых территориях является отсутствие осложнений эпидемиологической ситуации по чуме в период 2017–2025 гг.

Выполненные объемы профилактических мероприятий, в том числе дезинсекции и дератизации, значительно снизили риски заражения в эпизоотически активных природных очагах чумы. Площадь полевой дезинсекции в Горно-Алтайском высокогорном природном очаге составила 35,1 км<sup>2</sup>, поселковой дератизации в населенных пунктах – 71,6 тыс. м<sup>2</sup>, поселковой дезинсекции – 12,1 тыс. м<sup>2</sup>. Эффективность полевой дезинсекции на стоянках животноводов достигала 98,5 %, поселковой дезинсекции и дератизации в населенных пунктах – 100 %. В Тувинском горном природном очаге полевая дезинсекция проведена на площади 87,1 км<sup>2</sup> при эффективности обработок в 89,9 %. Площадь поселковой дератизации в населенных пунктах составила 38,5 тыс. м<sup>2</sup>. В Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы объемы неспецифической профилактики были значительно сокращены в связи с отсутствием эпидпоказаний. Полевая дезинсекция выполнена на площади 1,1 км<sup>2</sup> при эффективности обработки в 88–100 %. Профилактические (противоэпидемические) мероприятия в природных очагах чумы Российской Федерации проводились с учетом прогнозов эпизоотической обстановки на первое и второе полугодия 2024 г. (письма от 22.01.2024 № 02/770-2024-32, от 06.08.2024 № 02/13448-2024-27). На основе обобщения результатов эпизоотологического мониторинга 11 природных очагов чумы Российской Федерации за 2024 г. нами выполнены оценки эпизоотического потенциала и разработаны прогнозы их эпизоотической активности на 2025 г. Ниже представлены материалы оценки состояния природных очагов чумы, характеризующихся в 2024 г. повышенным эпизоотическим потенциалом.

**Центрально-Кавказский высокогорный природный очаг.** В 2022–2024 гг. эпизоотии чумы не выявлены. Последние находки возбудителя чумы имели место в 2021 г. в Карачаевском районе Карачаево-Черкесской Республики. Вследствие реализации в 2021–2024 гг. «Межведомственного комплексного плана мероприятий по профилактике чумы на территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы на 2022–2024 гг.», эпизоотические риски по чуме были значительно снижены. В 2024 г. при исследовании проб полевого материала методом ПЦР получено 16 положительных результатов на наличие ДНК возбудителя чумы.

Средняя численность горного суслика составляла 21,4 особи на 1 га (среднегодовое значение, СМЗ – 20–25 особей на 1 га). Показатели численности других фоновых видов мелких млекопитающих в открытых биотопах возросли до 3,1 % (СМЗ – 4,1 %) попадания в орудия лова. Средний показатель запаса блох возрос до 420 экз. на 1 га (в 2023 г. – 399 экз. на 1 га).

Полученные результаты эпизоотологического обследования свидетельствуют о сохранении вероятности развития локальных эпизоотий чумы на эпизоотических участках прошлых лет в 2025 г. С целью

дальнейшего снижения эпидемических рисков необходимо обеспечить выполнение «Межведомственного комплексного плана мероприятий по профилактике чумы на территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы на 2025 г.».

**Горно-Алтайский высокогорный природный очаг.** В 2024 г. локальные эпизоотии зарегистрированы на территории Кош-Агачского района Республики Алтай на площади 226,6 км<sup>2</sup> (в 2023 г. – 251 км<sup>2</sup>). Площадь эпизоотии, вызванной возбудителем чумы центральноазиатского подвида, составляет 82,8 км<sup>2</sup>, основного подвида – 143,8 км<sup>2</sup> (рис. 2).

При исследовании полевого материала изолировано 4 культуры возбудителя чумы, в том числе: 2 – *Yersinia pestis* ssp. *central asiatica* bv. *altaica* от блох *Ctenophyllus hirticus* с монгольской пищухи и из входов нор монгольской пищухи, 2 – *Y. pestis* ssp. *pestis* от серого сурка (остатки стола хищных птиц) (2023 г. – 18). Получено 33 положительных результата методом ПЦР (2023 г. – 35).

Показатели численности серого сурка составляли весной до 1,3 жилых бутана на 1 га (СМЗ – 0,8 жилых бутана на 1 га); осенью – 1,0 жилых бутана на 1 га (0,8 жилых бутана на 1 га). Высокая плотность вида отмечается на высотах 2400–2700 м в верховьях рек Уландрык (до 4,0 жилых бутана на 1 га), Большие Шибеты (до 4,0–6,0 жилых бутана на 1 га), Чаган-Бургазы (до 1,7 жилых бутана на 1 га).

Численность монгольской пищухи значительно увеличилась после ее депрессии в 2022–2023 гг. Весной она составила 8,1 жилых норы на 1 га (2023 г. – 2,5; СМЗ – 5,1), осенью снизилась до 5,7 жилых норы на 1 га (2023 г. – 2,5; СМЗ – 6,8).

Показатели численности длиннохвостого суслика снизились весной до 3,2 особи на 1 га (2023 г. – 4,0), осенью – 2,5 (2023 г. – 2,9) (СМЗ – 3,4 и 4,0 соответственно). Численность даурской пищухи в локальных поселениях возросла весной до 2,0 жилых колоний на 1 га (СМЗ – 1,2), осенью составила 3,1 (СМЗ – 1,8). Показатель численности плоскочерепной полевки весной составлял 8,3 % попаданий в орудия лова, осенью возрос до 35,6 % (СМЗ – 11,3 и 29,2 % попадания в орудия лова соответственно).

Численность грызунов в постройках человека в крупных населенных пунктах во все сезоны сохранялась на низком уровне, не превышая 0,9 % попадания в орудия лова (СМЗ – 1,8). На одиночных стоянках животноводов этот показатель в среднем весной составил 12,0 % (2023 г. – 7,7; СМЗ – 5,4), осенью – 5,6 % попаданий в орудия лова (2023 г. – 12,2; СМЗ – 5,1).

Индекс обилия (ИО) блох на сером сурке составил 0,39 (СМЗ – 0,56). ИО блох на монгольской пищухе составил весной 10,8 (2023 г. – 10,9; СМЗ – 10,4), осенью – 3,6 (2023 г. – 6,7; СМЗ – 5,8). На длиннохвостом суслике средний ИО блох составил 1,4 (2023 г. – 2,4; СМЗ – 3,0). Годовой ИО блох на даурской пищухе – 6,2 (2023 г. – 6,2; СМЗ – 5,5), на плоскочерепной полевке – 1,4 (2023 г. – 1,4; СМЗ – 1,4).

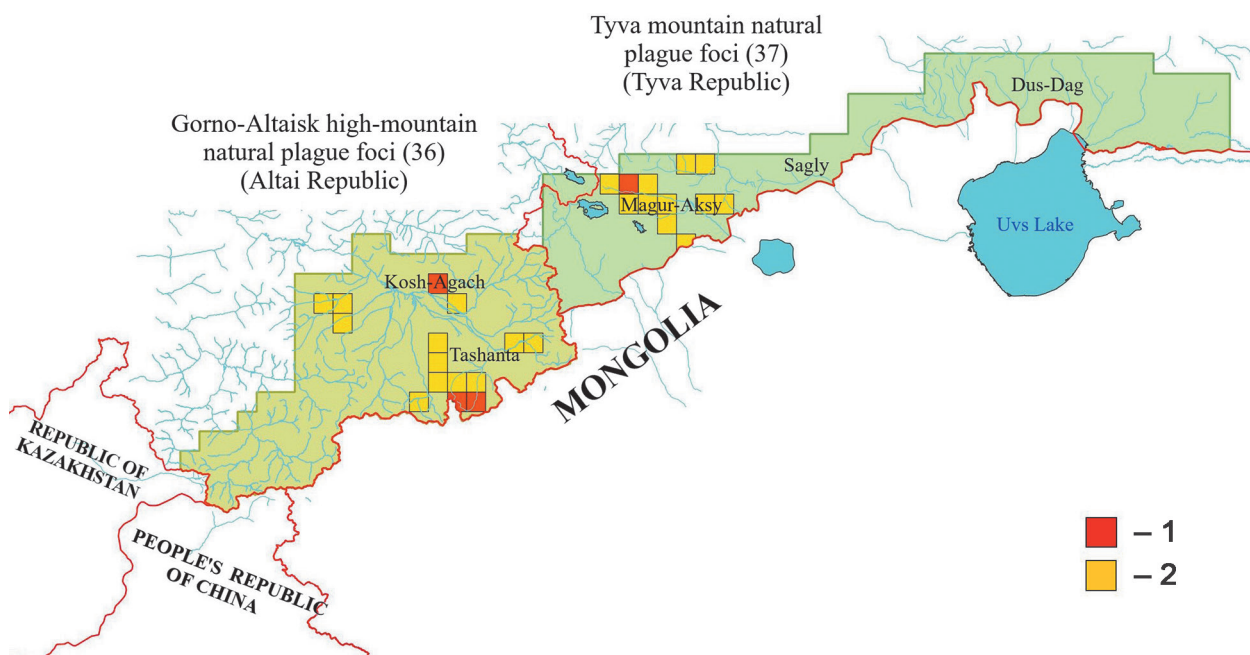


Рис. 2. Результаты эпизоотологического мониторинга территории Горно-Алтайского высокогорного и Тувинского горного очагов чумы в 2024 г.:

1 – регистрация штаммов и ДНК *Y. pestis pestis*; 2 – регистрация ДНК *Y. pestis pestis*

Fig. 2. Results of epizootiological monitoring of the territory of the Gorno-Altai high-mountain and Tuva mountain plague foci in 2024:

1 – registration of *Y. pestis pestis* strains and DNA; 2 – registration of *Y. pestis pestis* DNA

Результаты эпизоотологического мониторинга 2024 г. свидетельствуют о сохранении высокого эпизоотического потенциала Горно-Алтайского высокогорного очага в 2025 г. Ожидается развитие локальных эпизоотий чумы, вызванных возбудителем чумы двух подвидов: *Y. pestis ssp. pestis* античного биовара и *Y. pestis ssp. central asiatica* алтайского биовара. Эпизоотии, обусловленные возбудителем чумы центральноазиатского подвида, высоковероятны в поселениях монгольской пищухи в отрогах хребтов Сайлюгем, Южно-Чуйский и Курайский. Эпизоотии, связанные с циркуляцией основного подвида, высоковероятны в поселениях серого сурка и длиннохвостого суслика на склонах хребтов Сайлюгем, Южно-Чуйский, Чихачева и на плоскогорье Укок.

С целью снижения эпидемических рисков необходимо выполнение «Комплексного плана мероприятий учреждений Роспотребнадзора по оздоровлению Горно-Алтайского высокогорного природного очага чумы в Кош-Агачском районе Республики Алтай в 2025 г.».

**Тувинский горный природный очаг.** В 2024 г. эпизоотия выявлена в Монгун-Тайгинском кожууне Республики Тыва на территории Каргинского мезоочага на площади 82,3 км<sup>2</sup>. Получено 4 культуры чумного микроба основного подвида *Y. pestis pestis* от блох длиннохвостого суслика, в том числе: 2 – от блох шерсти (*Frontopsylla elatoides* и *Rhadinopsylla li transbaikalica*) и 2 – от блох из входов нор (*F. elatoides* и *Citellophilus tesquorum*). При исследовании полевого материала молекулярно-биологическим мето-

дом (ПЦР) получено 49 положительных результатов (рис. 2).

Показатели численности длиннохвостого суслика весной составляли 3,4 особи на 1 га (СМЗ – 4,1). Популяции монгольской пищухи продолжают оставаться в состоянии депрессии: весенняя численность зверьков составляла 2,3 жилых норы на 1 га. Средняя численность даурской пищухи весной составляла 2,4 жилых норы на 1 га. Показатели численности мелких млекопитающих в природных станциях низкие – 1,1 % попадания в орудия лова.

Индексы обилия блох длиннохвостого суслика несколько снизились. Общий ИО блох на основном носителе равен 5,0 (2023 г. – 6,1); личинок и нимф иксодовых клещей – 14,5 (2023 г. – 5,7; 2022 г. – 7,6), гамазовых клещей – 0,09 (2023 г. – 0,07; 2024 г. – 0,06). ИО блох во входах нор суслика равнялся 0,38 (2023 г. – 0,42); в гнездах суслика – 88,2 (2023 г. – 150,1).

Полученные результаты эпизоотологического мониторинга в 2024 г. подтверждают сохранение высокого эпизоотического потенциала Тувинского природного очага чумы в 2025 г. и служат основанием для прогнозирования продолжения развития локальных эпизоотий в границах эпизоотических участков прошлых лет. В условиях сохранения высокой потенциальной эпидемической опасности очага необходимо выполнение «Комплексного плана мероприятий учреждений Роспотребнадзора по снижению рисков в Тувинском природном очаге чумы в Монгун-Тайгинском, Овюрском и Тэс-

Хемском районах (кожуунах) Республики Тыва в 2025 г.».

Особо подчеркнем, что на фоне общего повышения температуры зимних месяцев на территории Российской Федерации в 2025 г. имела место реализация ряда погодных аномалий, в первую очередь осадков в форме дождя, мороси, ледяного дождя со снегом, возврата холодов и формирования гололеда, неустойчивого характера снежного покрова, вплоть до его полного исчезновения. В связи с этим прогнозируется, что аномальные погодные условия первого квартала 2025 г. усилят естественную многолетнюю депрессию численности носителей и переносчиков чумы на территории равнинных природных очагов чумы Северного, Северо-Западного Прикаспия и Предкавказья. В связи с тем, что в регионах Сибири (республики Тыва, Алтай, Забайкалье) повышение температуры воздуха в зимние и весенние месяцы, по сравнению с европейской частью России, менее выражено, погодные условия зимне-весеннего периода 2025 г. не окажут значительного влияния на эпизоотический потенциал расположенных здесь природных очагов чумы. В связи с этим изменений сроков прохождения основных фенологических фаз в популяциях носителей в весенний период 2025 г. в Тувинском горном (Республика Тыва), Горно-Алтайском высокогорном (Республика Алтай), Забайкальском степном (Забайкальский край) природных очагах не ожидается.

Для природных очагов чумы, расположенных в горных и высокогорных районах Кавказа, где не отмечено значительных температурных аномалий в зимние месяцы, также не ожидается выражено-

го негативного влияния на паразитарные системы Центрально-Кавказского и Восточно-Кавказского высокогорных природных очагов чумы. Таким образом, в 2025 г. прогнозируется сохранение меж-эпизоотического периода в Волго-Уральском степном, Волго-Уральском песчаном, Прикаспийском Северо-Западном степном, Забайкальском степном, Дагестанском равнинно-предгорном, Прикаспийском песчаном, Терско-Сунженском низкогорном, Восточно-Кавказском высокогорном природных очагах. В первом (июнь) и во втором (июль, август) полугодиях 2025 г. прогнозируется развитие локальных эпизоотий в Тувинском горном (Республика Тыва), Горно-Алтайском (Республика Алтай) и Центрально-Кавказском (Карачаево-Черкесская, Кабардино-Балкарская республики) высокогорных природных очагах чумы (рис. 3).

В долгосрочной перспективе в условиях усиления потепления климата в 2025–2030 гг. общая эпизоотическая ситуация в природных очагах чумы Российской Федерации, характерная для периода 2020–2024 гг., существенно не изменится. В частности, в 2025–2030 гг. прогнозируется сохранение высокого эпизоотического потенциала Тувинского горного, Горно-Алтайского и Центрально-Кавказского высокогорных природных очагов чумы. Ожидается также стабилизация паразитарной системы Восточно-Кавказского высокогорного природного очага. Паразитарные системы равнинных (Прикаспийский Северо-Западный степной, Волго-Уральский степной, Забайкальский степной, Волго-Уральский песчаный, Прикаспийский песчаный), предгорных (Дагестанский равнинно-предгорный)

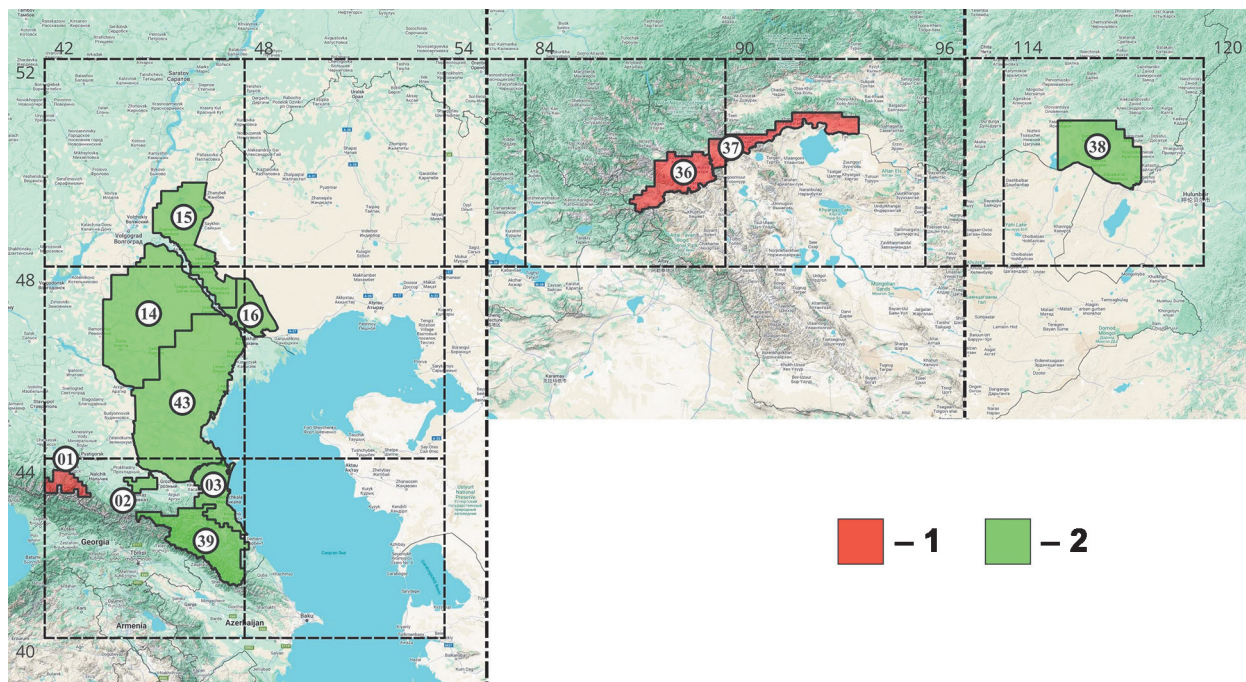


Рис. 3. Прогноз эпизоотической активности природных очагов чумы Российской Федерации на первое полугодие 2025 г.:

1 – сохранение эпизоотической активности; 2 – отсутствие находок зараженных животных

Fig. 3. Forecast of epizootic activity of natural plague foci in the Russian Federation for the first half of 2025:

1 – preservation of epizootic activity; 2 – absence of findings of infected animals

и низкогорных (Терско-Сунженский низкогорный) природных очагов чумы продолжают оставаться в состоянии депрессии, выход этой группы природных очагов из состояния межэпизоотического периода не ожидается. Причем, учитывая, что в ряде природных очагов длительность межэпизоотического периода превысила 50-летний период (Волго-Уральский степной, Забайкальский степной), необходимо актуализировать оценки их потенциальной эпидемиологической опасности и скорректировать эпидемиологическое районирование очаговых территорий в соответствии с МУ 3.1./4.2.4065-24 «Эпидемиологический надзор в природных очагах чумы на территории Российской Федерации: мониторинг, диагностика, профилактика». Учитывая современные процессы трансформации пространственной и биоценотической структуры равнинных природных очагов чумы Российской Федерации, а также сохранение вероятности реализации новой волны их активизации, необходимо дальнейшее совершенствование эпидемиологического надзора за этой инфекцией. В этом плане особый практический интерес приобретают вопросы, связанные с разработкой системы эпидемиологического мониторинга, направленной на снижение рисков заражения, с применением ГИСТехнологий и методов машинного обучения [19, 20]. Последнее позволит не только объединить экспертные оценки состояния природных очагов чумы Российской Федерации с современными технологиями моделирования, но и разрабатывать эффективные алгоритмы для прогнозирования их эпизоотической и эпидемической активности, стратегии предотвращения эпидемиологических осложнений. В целях повышения качества эпидемиологического надзора за чумой в 2024 г. в рамках Федерального проекта «Санитарный щит страны – безопасность для здоровья (предупреждение, выявление, реагирование)» завершена интеграция на платформу АЭС «ГИС-портал» ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора баз данных всех 11 электронных паспортов природных очагов чумы Российской Федерации. В рамках Государственной программы «Обеспечение химической и биологической безопасности Российской Федерации» разработана компьютерная модель определения эпидемического потенциала территориальных участков на примере природных очагов чумы Прикаспия. Разработаны сценарии построения количественного прогноза эпизоотического состояния природных очагов чумы с использованием нейросетевой модели на основе аналитической платформы Loginom. Внедрение в практику разработанного компонента Loginom «Прогнозирование численности носителей и переносчиков чумы в зависимости от природно-климатических факторов» позволит значительно повысить качество и надежность краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных прогнозов эпизоотической и эпидемиологической обстановки в природных очагах чумы Российской Федерации.

Проведенные исследования демонстрируют ключевую роль природно-климатических факторов в формировании динамики популяций основных носителей чумы, что, в свою очередь, определяет эпизоотическую активность природных очагов. В связи с этим разработка и применение эффективных методов прогнозирования численности этих звеньев паразитарной системы приобретает первостепенное значение для своевременного и адекватного реагирования на возможные вспышки заболевания.

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

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

### Список литературы

1. Bezerra M.F., Fernandes D.L.R.S., Rocha I.V., Pitta J.L.L.P., Freitas N.D.A., Oliveira A.L.S., Guimarães R.J.P.S., Gomes E.C.S., de Andreazzi C.S., Sobreira M., Rezende A.M., Cordeiro-Estrela P., Almeida A.M.P. Ecologic, geoclimatic, and genomic factors modulating plague epidemics in primary natural focus, Brazil. *Emerg. Infect. Dis.* 2024; 30(9):1850–64. DOI: org/10.3201/eid3009.240468.
2. Попов Н.В., Ерошенко Г.А., Карнаухов И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Поршаков А.М., Ляпин М.Н., Корзун В.М., Вержуцкий Д.Б., Аязбаев Т.З., Лопатин А.А., Ашибоков У.М., Балахонов С.В., Куличенко А.Н., Кутырев В.В. Эпидемиологическая и эпизоотическая обстановка по чуме в Российской Федерации и прогноз ее развития на 2020–2025 гг. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2020; (1):43–50. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-50.
3. Xu L., Wang Q., Yang R., Ganbold D., Tsogbadrakh N., Dong K., Liu M., Altantogtokh D., Liu Q., Undrakhbold S., Boldgiv B., Liang W., Stenseth N.C. Climate-driven marmot-plague dynamics in Mongolia and China. *Sci. Rep.* 2023; 13(1):11906. DOI: 10.1038/s41598-023-38966-1. Erratum in: *Sci. Rep.* 2023; 13(1):14663. DOI: 10.1038/s41598-023-41800-3.
4. Wimsatt J., Eads D.A., Matchett M.R., Biggins D.E. Alternative lifestyles: A plague persistence hypothesis. *Ecosphere.* 2023; 14(11):e4673. DOI: 10.1002/ecs2.4673.
5. Rajamannar V., Govindarajan R., Kumar A., Samuel P.P. A review of public health important fleas (Insecta, Siphonaptera) and flea-borne diseases in India. *J. Vector Borne Dis.* 2022; 59(1):12–21. DOI: 10.4103/0972-9062.328977.
6. Yang R., Atkinson S., Chen Z., Cui Y., Du Z., Han Y., Sebbane F., Slavin P., Song Y., Yan Y., Wu Y., Xu L., Zhang C., Zhang Y., Hinnebusch B.J., Stenseth N.C., Motin V.L. *Yersinia pestis* and plague: some knowns and unknowns. *Zoonoses (Burlingt).* 2023; 3(1):5. DOI: 10.15212/zoonoses-2022-0040.
7. Carlson C.J., Bevins S.N., Schmid B.V. Plague risk in the western United States over seven decades of environmental change. *Glob. Chang. Biol.* 2022; 28(3):753–69. DOI: 10.1111/gcb.15966.
8. Abdel Z., Abdeliyev B., Yessimseit D., Begimbayeva E., Mussagalieva R. Natural foci of plague in Kazakhstan in the space-time continuum. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2023; 100:102025. DOI: 10.1016/j.cimid.2023.102025.
9. Pitta J.L.L.P., Bezerra M.F., Fernandes D.L.R.D.S., Block T., Novaes A.S., Almeida A.M.P., Rezende A.M. Genomic analysis of *Yersinia pestis* strains from Brazil: Search for virulence factors and association with epidemiological data. *Pathogens.* 2023; 12(8):991. DOI: 10.3390/pathogens12080991.
10. Cao B., Bai C., Wu K., La T., Su Y., Che L., Zhang M., Lu Y., Gao P., Yang J., Xue Y., Li G. Tracing the future of epidemics: Coincident niche distribution of host animals and disease incidence revealed climate-correlated risk shifts of main zoonotic diseases in China. *Glob. Chang. Biol.* 2023; 29(13):3723–46. DOI: 10.1111/gcb.16708.
11. Eads D.A., Biggins D.E., Wimsatt J., Eisen R.J., Hinnebusch B.J., Matchett M.R., Goldberg A.R., Livieri T.M., Hacker G.M., Novak M.G., Buttke D.E., Grassel S.M., Hughes J.P., Atiku L.A. Exploring and mitigating plague for one health purposes. *Curr. Trop. Med. Rep.* 2022; 9(4):169–84. DOI: 10.1007/s40475-022-00265-6.
12. Alderson J., Quastel M., Wilson E., Bellamy D. Factors influencing the re-emergence of plague in Madagascar. *Emerg. Top. Life Sci.* 2020; 4(4):411–21. DOI: 10.1042/ETLS20200334.
13. Eisen R.J., Atiku L.A., Ensore R.E., Mpanga J.T., Acayo S., Mead P.S., Apangu T., Yockey B.M., Borchert J.N., Beard C.B., Gage K.L. Epidemiology, ecology and prevention of Plague in the

West Nile Region of Uganda: The value of long-term field studies. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2021; 105(1):18–23. DOI: 10.4269/ajtmh.20-1381.

14. Qazi S., Ullah I., Jabbar A., Junaid Tahir M. Plague outbreaks in Africa – A gesture of new pandemic. *Disaster Med. Public Health Prep.* 2022; 16(6):2228–9. DOI: 10.1017/dmp.2022.67.

15. Попов Н.В., Кутырев И.В., Иванова А.В., Никифоров К.А., Зубова А.А., Нейштатт Я.А., Бойко А.В., Куклев Е.В., Топорков В.П. О существовании Восточно-Африканского природного мегаочага *Yersinia pestis* основного подвида античного биовара филогенетической линии 1.ANT: эпидемическая активность, пространственная и биоценотическая структура. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2024; (4):35–41. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-4-35-41.

16. Ерошенко Г.А., Кубаньчбекова Г.К., Коврижников А.В., Джапарова А.К., Муканметесен уулу Ж., Абдыгазиева А.К., Сидорин А.С., Краснов Я.М., Кузнецов А.А., Фадеева А.В., Никифоров А.К., Девдариани З.Л., Куклев Е.В., Бойко А.В., Кутырев В.В. Молекулярная идентификация штаммов *Yersinia pestis*, выделенных в Аксайском высокогорном очаге Кыргызской Республики в 2024 г. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2024; (4):78–87. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-4-78-87.

17. Курманов Ж.Б., Мамбетов Г.И., Жолдас А.С., Сейтпешов У.А., Бексультанов А.Т., Сүлейменов А.Ө., Тагирберенов А.М., Саясатова Г.С., Мухамбедияров Д.С. Анализ эпизоотической активности Северо-Приаральского автономного очага чумы за период 2014–2023 гг. *Особо опасные инфекции и биологическая безопасность.* 2024; (8-9):50–8.

18. Мека-Меченко В.Г., Садовская В.П. Результаты мониторинга распространённости и численности носителей, блох большой песчанки и эпизоотологического обследования на территории природных очагов чумы Казахстана в 2023 году. *Особо опасные инфекции и биологическая безопасность.* 2024; (8-9):58–74.

19. Бакаев В.В., Гашенко Т.Ю., Марданлы С.С., Жигалева О.Н. Применение искусственного интеллекта для укрепления и развития системы эпидемиологического контроля (обзор литературы). *Эпидемиология и инфекционные болезни.* 2024; 29(3):126–34. DOI: 10.51620/3034-1981-2024-29-3-126-134.

20. Кузин А.А., Глушаков Р.И., Парфенов С.А., Сапожников К.В., Лазарев А.А. Разработка системы прогноза развития инфекционных заболеваний на основе искусственного интеллекта. *Фундаментальная и клиническая медицина.* 2023; 8(3):143–54. DOI: 10.23946/2500-0764-2023-8-3-143-154.

## References

1. Bezerra M.F., Fernandes D.L.R.S., Rocha I.V., Pitta J.L.L.P., Freitas N.D.A., Oliveira A.L.S., Guimarães R.J.P.S., Gomes E.C.S., de Andreazzi C.S., Sobreira M., Rezende A.M., Cordeiro-Estrela P., Almeida A.M.P. Ecologic, geoclimatic, and genomic factors modulating plague epidemics in primary natural focus, Brazil. *Emerg. Infect. Dis.* 2024; 30(9):1850–64. DOI: org/10.3201/eid3009.240468.

2. Попов Н.В., Ерошенко Г.А., Карнаухов И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.А., Иванова А.В., Поршakov А.М., Лыпин М.Н., Корзун В.М., Верзхутский Д.Б., Аязбаев Т.З., Лопатин А.А., Ашибокhov У.М., Балakhonov С.В., Kulichenko A.N., Kutyrev V.V. [Epidemiological and epizootic situation on plague in the Russian Federation and forecast for its development for 2020–2025]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (1):43–50. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-43-50.

3. Xu L., Wang Q., Yang R., Ganbold D., Tsogbadrakh N., Dong K., Liu M., Altantogtokh D., Liu Q., Undrakhbold S., Boldgiv B., Liang W., Stenseth N.C. Climate-driven marmot-plague dynamics in Mongolia and China. *Sci. Rep.* 2023; 13(1):11906. DOI: 10.1038/s41598-023-38966-1. Erratum in: *Sci. Rep.* 2023; 13(1):14663. DOI: 10.1038/s41598-023-41800-3.

4. Wimsatt J., Eads D.A., Matchett M.R., Biggins D.E. Alternative lifestyles: A plague persistence hypothesis. *Ecosphere.* 2023; 14(11):e4673. DOI: 10.1002/ecs2.4673.

5. Rajamannar V., Govindarajan R., Kumar A., Samuel P.P. A review of public health important fleas (Insecta, Siphonaptera) and flea-borne diseases in India. *J. Vector Borne Dis.* 2022; 59(1):12–21. DOI: 10.4103/0972-9062.328977.

6. Yang R., Atkinson S., Chen Z., Cui Y., Du Z., Han Y., Sebbane F., Slavin P., Song Y., Yan Y., Wu Y., Xu L., Zhang C., Zhang Y., Hinnebusch B.J., Stenseth N.C., Motin V.L. *Yersinia pestis* and plague: some knowns and unknowns. *Zoonoses (Burlingt)*. 2023; 3(1):5. DOI: 10.15212/zoonoses-2022-0040.

7. Carlson C.J., Bevins S.N., Schmid B.V. Plague risk in the western United States over seven decades of environmental change. *Glob. Chang. Biol.* 2022; 28(3):753–69. DOI: 10.1111/gcb.15966.

8. Abdel Z., Abdeliyev B., Yessimseit D., Begimbayeva E., Mussagalieva R. Natural foci of plague in Kazakhstan in the space-time continuum. *Comp. Immunol. Microbiol. Infect. Dis.* 2023; 100:102025. DOI: 10.1016/j.cimid.2023.102025.

9. Pitta J.L.L.P., Bezerra M.F., Fernandes D.L.R.D.S., Block

T., Novaes A.S., Almeida A.M.P., Rezende A.M. Genomic analysis of *Yersinia pestis* strains from Brazil: Search for virulence factors and association with epidemiological data. *Pathogens.* 2023; 12(8):991. DOI: 10.3390/pathogens12080991.

10. Cao B., Bai C., Wu K., La T., Su Y., Che L., Zhang M., Lu Y., Gao P., Yang J., Xue Y., Li G. Tracing the future of epidemics: Coincident niche distribution of host animals and disease incidence revealed climate-correlated risk shifts of main zoonotic diseases in China. *Glob. Chang. Biol.* 2023; 29(13):3723–46. DOI: 10.1111/gcb.16708.

11. Eads D.A., Biggins D.E., Wimsatt J., Eisen R.J., Hinnebusch B.J., Matchett M.R., Goldberg A.R., Livieri T.M., Hacker G.M., Novak M.G., Buttke D.E., Grassel S.M., Hughes J.P., Atiku L.A. Exploring and mitigating plague for one health purposes. *Curr. Trop. Med. Rep.* 2022; 9(4):169–84. DOI: 10.1007/s40475-022-00265-6.

12. Alderson J., Quastel M., Wilson E., Bellamy D. Factors influencing the re-emergence of plague in Madagascar. *Emerg. Top. Life Sci.* 2020; 4(4):411–21. DOI: 10.1042/ETLS20200334.

13. Eisen R.J., Atiku L.A., Ensore R.E., Mpanga J.T., Acayo S., Mead P.S., Apangu T., Yockey B.M., Borchert J.N., Beard C.B., Gage K.L. Epidemiology, ecology and prevention of Plague in the West Nile Region of Uganda: The value of long-term field studies. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 2021; 105(1):18–23. DOI: 10.4269/ajtmh.20-1381.

14. Qazi S., Ullah I., Jabbar A., Junaid Tahir M. Plague outbreaks in Africa – A gesture of new pandemic. *Disaster Med. Public Health Prep.* 2022; 16(6):2228–9. DOI: 10.1017/dmp.2022.67.

15. Попов Н.В., Кутырев И.В., Иванова А.В., Никифоров К.А., Зубова А.А., Нейштатт Я.А., Бойко А.В., Куклев Е.В., Топорков В.П. [On the existence of East African natural megafocus of *Yersinia pestis*, phylogenetic lineage 1.ANT of the antique biovar of the main subspecies: epidemic activity, spatial and biocenotic structure]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2024; (4):35–41. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-4-35-41.

16. Ерошенко Г.А., Кубаньчбекова Г.К., Коврижников А.В., Джапарова А.К., Муканметесен уулу Ж., Абдыгазиева А.К., Сидорин А.С., Краснов Я.М., Кузнецов А.А., Фадеева А.В., Никифоров А.К., Девдариани З.Л., Куклев Е.В., Бойко А.В., Кутырев В.В. [Molecular identification of *Yersinia pestis* strains isolated in the Aksai high-mountain focus of the Kyrgyz Republic in 2024]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2024; (4):78–87. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-4-78-87.

17. Курманов Ж.Б., Мамбетов Г.И., Жолдас А.С., Сейтпешов У.А., Бексультанов А.Т., Сүлейменов А.Т., Тагирберенов А.М., Саясатова Г.С., Мухамбедияров Д.С. [On the analysis of the activity of the plague epizootia in the territory of the focus of the plague in the northern island of derbes, between 2014–2023]. *Osobo Opasnye Infektsii i Biologicheskaya Bezopasnost' [Particularly Dangerous Infections and Biological Safety]*. 2024; (8-9):50–8.

18. Мека-Меченко В.Г., Садовская В.П. [Results of monitoring the prevalence and number of carriers, fleas of the great gerbil and epizootiological survey in the territory of the natural plague foci of Kazakhstan in 2023]. *Osobo Opasnye Infektsii i Biologicheskaya Bezopasnost' [Particularly Dangerous Infections and Biological Safety]*. 2024; (8-9):58–74.

19. Бакаев В.В., Гашенко Т.Ю., Марданлы С.С., Жигалева О.Н. [Application of artificial intelligence for the development and strengthening of the epidemiological surveillance (Literature review)]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2024; 29(3):126–34. DOI: 10.51620/3034-1981-2024-29-3-126-134.

20. Кузин А.А., Глушаков Р.И., Парфенов С.А., Сапожников К.В., Лазарев А.А. [Development of an artificial intelligence system for the forecasting of infectious diseases]. *Fundamental'naya i Klinicheskaya Meditsina [Fundamental and Clinical Medicine]*. 2023; 8(3):143–54. DOI: 10.23946/2500-0764-2023-8-3-143-154.

## Authors:

Popov N.V., Karnaukhov I.G., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Ivanova A.V., Martsokha K.S., Magerramov Sh.V., Pospelov M.V., Kutyrev V.V. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”. 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

Korzun V.M., Verzhutsky D.B., Chipanin E.V., Kholin A.V., Balakhonov S.V. Irkutsk Research Anti-Plague Institute of Siberia and Far East. 78, Trilissera St., Irkutsk, 664047, Russian Federation. E-mail: adm@chumin.irkutsk.ru.

Lopat A.A. Plague Control Center. 4, Mussorgskogo St., Moscow, 127490, Russian Federation. E-mail: apc-rpn@apc-rpn.ru.

Dubyansky V.M., Ashibokov U.M., Gazieva A.Yu., Kulichenko A.N. Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

Kutyrev I.V. Central Research Institute of Epidemiology. 3a, Novogireevskaya St., Moscow, 111123, Russian Federation. E-mail: crie@pcr.ru.

Ayazbaev T.Z. Kazakh Scientific Center for Quarantine and Zoonotic Infections named after M. Aikimbaev of the Ministry of Health of the

Republic of Kazakhstan. 14, Zhakhanger St., Almaty, 050054, Republic of Kazakhstan.

*Bammatov D.M.* Astrakhan Plague Control Station. 3, Kubanskaya St., Astrakhan, 414057, Russian Federation.

**Об авторах:**

*Попов Н.В., Карнаухова И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Марцоха К.С., Маггеррамов Ш.В., Поспелов М.В., Кутырев В.В.* Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: [rusrapi@microbe.ru](mailto:rusrapi@microbe.ru).

*Корзун В.М., Вержущий Д.Б., Чипанин Е.В., Холин А.В., Балахонов С.В.* Иркутский научно-исследовательский противочумный институт Сибири и Дальнего Востока. Российская Федерация, 664047, Иркутск, ул. Трилесера, 78. E-mail: [adm@chumin.irkutsk.ru](mailto:adm@chumin.irkutsk.ru).

*Лопатин А.А.* Противочумный центр. Российская Федерация, 127490, Москва, ул. Мусоргского, 4. E-mail: [arc-grp@arc-grp.ru](mailto:arc-grp@arc-grp.ru).

*Дубянский В.М., Ашибаков У.М., Газиева А.Ю., Куличенко А.Н.* Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: [stavnipchi@mail.ru](mailto:stavnipchi@mail.ru).

*Кутырев И.В.* Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии. Российская Федерация, 111123, Москва, ул. Новогиреевская, 3а. E-mail: [scie@rcg.ru](mailto:scie@rcg.ru).

*Аязбаев Т.З.* Казахский научный центр карантинных и зоонозных инфекций имени Масгута Айкимбаева Министерства здравоохранения Республики Казахстан. Республика Казахстан, 050054, Алматы, ул. Жахангер, 14.

*Бамматов Д.М.* Астраханская противочумная станция. Российская Федерация, 414057, Астрахань, ул. Кубанская, 3.