

DOI: 10.21055/0370-1069-2026-3-79-85

УДК 616.98:579.842.23

В.М. Дубянский¹, У.М. Ашибок¹, А.Ю. Газиева¹, Е.С. Котенев¹, Ю.М. Тохов¹, Е.А. Мироненко¹,
Н.В. Цапко¹, А.Э. Кодзиков², А.Р. Камолов², Н.Х. Пшихачев², В.А. Белогрудов², Т.И. Рыбалко¹,
Д.В. Сердюкова¹, А.А. Семирчева¹, Ю.М. Евченко¹

Эпизоотия чумы в урочище Битюг-Тюбе Центрально-Кавказского высокогорного природного очага в 2025 г.: основные характеристики и результаты моделирования

¹Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт, Ставрополь, Российская Федерация;

²Кабардино-Балкарская противочумная станция, Нальчик, Российская Федерация

Представлены результаты мониторинга и анализа эпизоотической ситуации 2025 г. в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы. **Цель** исследования – описание случая выделения штамма *Yersinia pestis* в урочище Битюг-Тюбе и оценка особенностей эпизоотического процесса. Даны характеристики эпизоотии в виде единичного спорадического случая и штамма возбудителя чумы основного подвида биовара *medievalis* генетической линии 2.MED0, выделенного от трупа горного суслика (*Spermophilus musicus*). **Материалы и методы.** Лабораторное исследование полевого материала на наличие возбудителя чумы осуществляли согласно МУ 3.1/4.2.4065-24 «Эпидемиологический надзор в природных очагах чумы на территории Российской Федерации: мониторинг, диагностика, профилактика». Для оценки возможного числа инфицированных животных применены вероятностный расчет по методу последовательной выборки без возвращения (с использованием алгоритма, верифицированного кодом на Python), а также имитационное компьютерное моделирование эпизоотического процесса. Использование систем искусственного интеллекта при обязательной верификации результатов специалистами позволяет оперативно выполнять сложные воспроизводимые расчеты на основе эмпирических данных для углубленного понимания эпизоотических процессов. **Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что эпизоотическое проявление в 2025 г. носило спорадический, низкоинтенсивный характер, что обусловлено, вероятно, двумя факторами: относительно небольшим запасом блох-переносчиков и высокой устойчивостью местных популяций горных сусликов к чуме. С помощью математического моделирования установлено, что максимальное количество инфицированных сусликов в очаге за период наблюдений не превышало шести особей (0,1–0,2 % популяции). Обсуждается гипотеза о скрытом характере эпизоотического процесса в высокогорье с редкими манифестациями в виде гибели животных из-за высокой устойчивости локальных популяций горных сусликов к чуме. Сделан вывод о необходимости оценки эпидемической опасности подобных спорадических случаев. В качестве профилактической меры рекомендовано проведение ежегодной заблаговременной дезинсекции в местах пребывания людей.

Ключевые слова: Центрально-Кавказский высокогорный очаг чумы, *Yersinia pestis*, горный суслик, эпизоотия, математическое моделирование, эпидемиологический риск.

Корреспондирующий автор: Ашибок Умар Мухадинович, e-mail: Umar5555@mail.ru.

Для цитирования: Дубянский В.М., Ашибок У.М., Газиева А.Ю., Котенев Е.С., Тохов Ю.М., Мироненко Е.А., Цапко Н.В., Кодзиков А.Э., Камолов А.Р., Пшихачев Н.Х., Белогрудов В.А., Рыбалко Т.И., Сердюкова Д.В., Семирчева А.А., Евченко Ю.М. Эпизоотия чумы в урочище Битюг-Тюбе Центрально-Кавказского высокогорного природного очага в 2025 г.: основные характеристики и результаты моделирования. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2026; 3:79–85. DOI: 10.21055/0370-1069-2026-3-79-85

Поступила 07.04.2026. Отправлена на доработку 07.05.2026. Принята к публикации 17.09.2026.

V.M. Dubyansky¹, U.M. Ashibokov¹, A.Yu. Gazieva¹, E.S. Kotenev¹, Yu.M. Tokhov¹, E.A. Mironenko¹,
N.V. Tsapko¹, A.E. Kodzikov², A.R. Kamolov², N.Kh. Pshchikhachev², V.A. Belogrudov²,
T.I. Rybalko¹, D.V. Serdyukova¹, A.A. Semircheva¹, Yu.M. Evchenko¹

The Plague Epizootic in the Bityug-Tyube tract of the Central Caucasian High-Mountain Natural Focus in 2025: Main Characteristics and Simulation Results

¹Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation;

²Kabardino-Balkarian Plague Control Station, Nalchik, Russian Federation

Abstract. Results of monitoring and analysis of the epizootic situation in the Central Caucasus high-mountain natural plague focus in 2025 are presented. **The aim** of the study was to characterize the case of *Yersinia pestis* strain isolation in the Bityug-Tyube tract and assess the features of the epizootic process. The epizootic is characterized as a single sporadic case, along with the identification of the plague pathogen strain as belonging to the main subspecies, biovar *medievalis*, genetic lineage 2.MED0, isolated from the carcass of a mountain ground squirrel (*Spermophilus musicus*). **Material and methods.** Laboratory testing of field material for the presence of the plague pathogen was carried out in accordance with MU 3.1/4.2.4065-24 “Epidemiological surveillance in natural plague foci in the territory of the Russian Federation: monitoring, diagnosis, and prevention”. To estimate the possible number of infected animals, a probabilistic calculation using the sequential sampling without replacement method (employing an algorithm verified with Python

code) was applied, as well as computer simulation modeling of the epizootic process. The use of artificial intelligence systems, with mandatory verification of results by specialists, allows for the rapid execution of complex, reproducible calculations based on empirical data for an in-depth understanding of epizootic processes. **Results and discussion.** The studies showed that the epizootic manifestation in 2025 was a sporadic one and of low-intensity, likely due to two factors: a relatively low abundance of flea vectors and high resistance of local mountain ground squirrel populations to plague. Using mathematical modeling, it was established that the maximum number of infected ground squirrels in the focus during the observation period did not exceed six specimens (0.1–0.2 % of the population). The hypothesis of a latent epizootic process in the highlands, with rare manifestations in the form of animal deaths due to the high resistance of local mountain ground squirrel populations to plague, is discussed. The conclusion is made about the necessity of assessing the epidemic hazard of such sporadic cases. As a preventive measure, annual preliminary disinsection in areas of mass stay of people is recommended.

Key words: Central Caucasian high-mountain plague focus, *Yersinia pestis*, mountain ground squirrel, epizooty, mathematical modeling, epidemiological risk.

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 was performed in compliance with RF legislation, international ethics and regulatory documents.

Corresponding author: Umar M. Ashibokov, e-mail: Umar5555@mail.ru.

Citation: Dubyansky V.M., Ashibokov U.M., Gazieva A.Yu., Kotenev E.S., Tokhov Yu.M., Mironenko E.A., Tsapko N.V., Kodzokov A.E., Kamolov A.R., Pshchikhachev N.Kh., Belogradov V.A., Rybalko T.I., Serdyukova D.V., Semircheva A.A., Evchenko Yu.M. The Plague Epizootic in the Bityug-Tyube tract of the Central Caucasian High-Mountain Natural Focus in 2025: Main Characteristics and Simulation Results. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2026; 3:79–85. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2026-3-79-85

Received 07.04.2026. Revised 07.05.2026. Accepted 17.09.2026.

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>

Kotenev E.S., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8036-8926>

Tsapko N.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5771-2808>

Semircheva A.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3660-2073>

Центрально-Кавказский высокогорный природный очаг чумы, открытый в 1971 г., занимает площадь 4600 км², на протяжении 36 лет был одним из наиболее активных на территории Российской Федерации с индексом эпизоотичности, равным единице. В 2008 г. начался межэпизоотический период, продолжавшийся до 2020 г. В июле – августе 2021 г. эпизоотии чумы вновь были зарегистрированы в трех секторах западной части очага с выделением 11 штаммов возбудителя. В июле 2025 г. выделен один штамм *Yersinia pestis* также в западной части очага. Эпизоотические участки приурочены к поселениям горного суслика (*Spermophilus musicus*) и неравномерно распределены по территории [1].

Очаг имеет большое эпидемиологическое значение, так как расположен в Приэльбрусье – центре горного туризма и альпинизма юга России. В 2025 г. единственный штамм микроба чумы был выделен из полевого материала, добытого в урочище Битюг-Тюбе.

Цель работы – описание случая выделения штамма чумного микроба в очаге и оценка особенностей эпизоотического процесса в 2025 г. в урочище Битюг-Тюбе.

Задачи работы – описание эмпирических данных об обследовании эпизоотического участка, математическое моделирование параметров эпизоотии, обсуждение гипотезы о возможных причинах эпизоотического проявления чумы на участке очага в 2025 г.

Материалы и методы

Данные об обследовании получены при совместной работе ФКУЗ Ставропольский противочумный

институт Роспотребнадзора и ФКУЗ «Кабардино-Балкарская ПЧС» Роспотребнадзора в рамках выполнения Межведомственного комплексного плана мероприятий по профилактике чумы на территории Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы. Основные сведения о добытом полевым материале в урочище Битюг-Тюбе представлены в таблице.

Лабораторное исследование полевого материала на наличие возбудителя чумы проводили с использованием бактериологического, молекулярно-генетического, биологического и серологического методов согласно МУ 3.1/4.2.4065-24 «Эпидемиологический надзор в природных очагах чумы на территории Российской Федерации: мониторинг, диагностика, профилактика».

Для выявления ДНК-маркеров возбудителя, использовали коммерческие диагностические наборы «АмплиСенс® *Yersinia pestis*-FL» («Интерлабсервис»), «Ген *Yersinia pestis* индикация – РГФ» (ФБУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора), «ИХ тест-система *Y. pestis*» и MULTI-FLU (ФБУН ГНЦ ПМБ Роспотребнадзора) согласно инструкциям производителей.

Определение наличия антител к FI микроба чумы в системе РПГА-РТПГА осуществляли экспериментальной серией препарата «Набор реагентов диагностикум эритроцитарный чумной антигенный жидкий» («ДЭЧ-Аг») (ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора).

Ферментативные свойства штамма определяли с использованием набора Biomerieux API 50 CH.

Полногеномное секвенирование выполнено на платформах MGI и MinION Mk1C. Чистовую сбор-

Основные данные о добытом полевом материале в урочище Битюг-Тюбе
Key data on field material collected in the Bitug-Tyube tract

Дата забора полевого материала Date of field material collection	Дата доставки в лабораторию Date of delivery to laboratory	Широта Latitude	Долгота Longitude	Собрано гнезд Nests collected	Осмотрено входов нор Burrow entrances examined	Добыто горных сусликов (экз.) Mountain souslik captured (specimens)	Положительный ПЦР результат от блох из гнезда горного суслика Positive PCR result from fleas in mountain souslik nest	Положительный результат бак. посева Positive bacteriological culture result	Блох с очеса Fleas from brushing	Блох из входов нор Fleas from burrow entrances	Блох из гнезд Fleas from nests
20.06.2025	24.06.2025	43.40673	42.34998	–	82	8	0	0	57	148	–
15.07.2025	17.07.2025	43.40188	42.35735	3	150	22	1	0	34	32	26
16.07.2025	17.07.2025	43.40288	42.35413	3	150	25	0	0	50	35	33
17.07.2025	17.07.2025	43.41580	42.33005	3	150	13	0	0	35	30	54
24.07.2025	24.07.2025	43.40188	42.35735	6	150	19	0	0	120	36	66
25.07.2025	26.07.2025	43.40842	42.34620	–	35	4	0	0	65	34	–
25.07.2025	26.07.2025	43.40174	42.35712	–	–	1	0	1*	0	–	–
25.07.2025	26.07.2025	43.41478	42.33176	–	25	6	0	0	94	23	–
30.07.2025	31.07.2025	43.40288	42.35413	4	150	27	0	0	113	38	74
31.07.2025	31.07.2025	43.40118	42.35852	5	150	24	0	0	9	27	21
07.08.2025	07.08.2025	43.40188	42.35735	6	50	19	–	–	64	0	48
22.08.2025	25.08.2025	43.40547	42.35160	4	50	23	0	0	65	0	22

Примечание: * Получен положительный результат методом ПЦР.

Note: * Positive result obtained using PCR.

ку генома осуществляли с использованием программ TruSeqer v0.5.4+Medaka v2.1.1+Polypolish v0.6.0+Purpolca v0.3.1.

Вирулентность штамма определяли на беспородных белых мышах и морских свинках согласно МУ 3.1/4.2.4065-24.

Инфекционную чувствительность популяций горных сусликов определяли согласно ранее описанной методике [2]. Для изучения использовали 40 особей горных сусликов из двух популяций: горностепной (Кичи-Балык, высота 1583 м над ур. м.) и высокогорной (Кызылкол, высота 2539 м над ур. м.), – отличающихся по наличию эпизоотических проявлений чумы в ретроспективе.

Расчет возможного количества инфицированных чумой горных сусликов выполнялся в виде примера выборки без возвращения, с использованием теоремы Байеса. Расчет проводился по алгоритму, рекомендованному системой искусственного интел-

лекта Grok (<https://grok.com/>). Данные представляют собой процесс последовательного отбора без возвращения из популяции размером от 800 до 1200 животных. Выборки – это партии, в которых отлавливается определенное количество животных и фиксируется количество найденных инфицированных в каждой партии.

Отловы: 8 (0 инфицированных), 22 (0), 25 (0), 13 (0), 19 (0), 4 (0), 1 (1), 6 (0), 27 (0), 24 (0), 23 (0).

Используется гипергеометрическое распределение на каждом шаге, поскольку отбор происходит без возвращения. Общее количество инфицированных K неизвестно, и ищется оценка максимального правдоподобия (MLE), максимизируя правдоподобие $L(K)$ наблюдения этой последовательности.

Известно, что искусственный интеллект может давать ошибочные ответы на запросы. Поэтому приводим полный скрипт на Python с комментариями для возможности независимой проверки алгоритма:

```
import math
import numpy as np
# Общая популяция животных
N = 1200
# Сумма первых выборок без инфицированных: 8+22+25+13+19+4 = 91
initial_non_infected = 91
# После этого: выборка размером 1 с 1 инфицированным
# Оставшиеся животные на этом шаге: N - initial_non_infected = 1109
# Затем сумма последних выборок без инфицированных: 6+27+24+23 = 80
final_non_infected = 80
# Оставшиеся после инфицированного: 1109 - 1 = 1108
# Функция для вычисления логарифма биномиального коэффициента с использованием гамма-функции
# log_binom(n, k) = lgamma(n+1) - lgamma(k+1) - lgamma(n-k+1)
def log_binom(n, k):
    if k < 0 or k > n:
        return -math.inf # Невозможные значения
    return math.lgamma(n + 1) - math.lgamma(k + 1) - math.lgamma(n - k + 1)
# Функция для вычисления логарифма правдоподобия L(K)
def log_likelihood(K):
    if K < 1 or K > N:
        return -math.inf
    # log P(0 infected in first 91) = log_binom(N - K, 91) - log_binom(N, 91)
    log_p1 = log_binom(N - K, initial_non_infected) - log_binom(N, initial_non_infected)
    # log P(1 infected in next 1) = log(K / (N - initial_non_infected))
    remaining_after_initial = N - initial_non_infected
    log_p2 = math.log(K) - math.log(remaining_after_initial)
    # log P(0 infected in last 80, with K-1 infected left in 1108)
    remaining_after_infected = remaining_after_initial - 1
    log_p3 = log_binom(remaining_after_initial - K, final_non_infected) - log_binom(remaining_after_infected, final_non_infected)
    # Общий log L(K) = log_p1 + log_p2 + log_p3
    return log_p1 + log_p2 + log_p3
# Диапазон возможных K: от 1 до N (хотя практически K не может быть слишком большим)
Ks = np.arange(1, N + 1)
# Вычисляем log_likelihood для каждого K
log_likes = np.array([log_likelihood(k) for k in Ks])
# Удаляем -inf, если есть, но в нашем случае они будут для invalid K
valid_mask = np.isfinite(log_likes)
Ks = Ks[valid_mask]
log_likes = log_likes[valid_mask]
# Для численной стабильности используем log-sum-exp для нормализации
max_log = np.max(log_likes)
log_Z = max_log + math.log(np.sum(np.exp(log_likes - max_log))) # log(sum exp(log_likes))
# Апостериорные вероятности p(K|data) = exp(log_L(K) - log_Z) (поскольку априор uniform, const)
```

```

posteriors = np.exp(log_likes - log_Z)
# MAP-оценка: K с максимальной апостериорной вероятностью (то же, что и MLE, поскольку априор uniform)
map_k = Ks[np.argmax(posteriors)]
print(f"MAP-оценка (мода апостериорного распределения): {map_k}")
# Апостериорное среднее:  $\sum K \cdot p(K)$ 
mean_k = np.sum(Ks * posteriors)
print(f"Апостериорное среднее: {mean_k:.2f}")
# Апостериорная дисперсия:  $\sum (K - \text{mean})^2 \cdot p(K)$ 
var_k = np.sum((Ks - mean_k)**2 * posteriors)
print(f"Апостериорная дисперсия: {var_k:.2f}")
# Стандартное отклонение
std_k = math.sqrt(var_k)
print(f"Стандартное отклонение: {std_k:.2f}")

```

Также эпизоотию моделировали с использованием имитационной компьютерной модели эпизootического процесса при чуме [3].

Результаты и обсуждение

Урочище Битюг-Тюбе расположено в верхней части одноименного ущелья в северном Приэльбрусье, где берет начало река Битюг-Тюбе – приток реки Уллухурзук. Поселение горных сусликов занимает плоскую вершину и обратную сторону хребта правобережья реки, включая урочища Джуакалыккол и Еникол [4], а также короткий тупиковый участок в ущелье площадью 40–50 га.

В урочище расположены база МЧС, туристическая инфраструктура (включая зону термальных источников), животноводческая кошара; через территорию проходит популярный туристический маршрут. В июле – августе количество людей, одновременно находящихся в урочище, может достигать 200 человек. Участок расположен в альпийском поясе на высотах 2600–2700 м над ур. м.

Первые эпизоотии в урочище зарегистрированы в 1971 г. и продолжались почти без перерыва до 2004 г. После перерыва эпизоотия вновь отмечена в 2021 г.

Численность горных сусликов в урочище в 2025 г. составила 25–30 особей на 1 га.

Первый отбор полевого материала в урочище в 2025 г. сделан 20 июня, когда стабилизировались погодные условия, специалистами ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора. Результат лабораторного исследования полевого материала на чуму был отрицательный.

Следующий забор полевого материала осуществлен через месяц при плановом обследовании специалистами ФКУЗ «Кабардино-Балкарская ПЧС» Роспотребнадзора. Положительный результат ПЦР ($C_t=20,6$) получен 21.07.2025 от блох из гнезда горного суслика. Использовалась ПЦР-тест-система «АмплиСенс® *Yersinia pestis*-FL». Результат подтвержден этой же тест-системой 22.07.2025 и набором реагентов «Ген *Yersinia pestis* индикация – РГФ», $C_t=18,6$.

Обследование участка интенсифицировалось, и 25.07.2025 специалистами ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора об-

наружен труп горного суслика, от которого получен положительный результат с использованием иммунохроматографического экспресс-теста для выявления и идентификации возбудителя чумы («ИХ-тест-система *Y. pestis*») и положительный ПЦР-результат ($C_t=14,5$ с использованием тест-системы «АмплиСенс® *Yersinia pestis*-FL» и $C_t=19,7$ с использованием тест-системы MULTI-FLU), а также выделен штамм микроба чумы. Труп горного суслика был обнаружен недалеко от точки обнаружения материала, положительного в ПЦР, и, судя по состоянию, суслик погиб не более чем за сутки до обнаружения. Таким образом, подтвердился прогноз эпизоотической активности данного очага на 2025 г. [5].

Выделенный штамм относится к возбудителю чумы основного подвида *Y. pestis* spp. *pestis* биовару *medievalis* генетической линии 2.MED0, плазмидный профиль – pCad, pFra, pPst, pCKF, ауксотрофен по пролину, ферментирует глицерин, D-глюкозу, D-галактозу, D-маннит, Амидон, Салицин, D-маннозу, не ферментирует D-арабинозу, D-рибозу, D-мелибиозу, D-сахарозу, D-сорбит. Вирулентен для белых мышей, LD_{50} – 316 м.к., и слабовирулентен для морских свинок, LD_{50} – 1 258 925 м.к.

Далее пробы полевого материала из различных точек участка и непосредственно с точки, где был обнаружен штамм, забирались регулярно, но признаков эпизоотии не обнаружилось до конца сезона обследования (таблица, рисунок).

При исследовании материала от горных сусликов в системе РПГА-РТПГА, положительных результатов на наличие антител к FI микроба чумы не выявлено.

В августе в урочище была проведена дезинсекция на площади 17 га, с эффективностью 92 %.

Отметим, что из-за труднодоступности поселения сусликов в урочищах Еникол и Джуакалыккол, расположенных на правом хребте, ограничивающем ущелье Битюг-Тюбе, было взято по одной пробе полевого материала.

Близкое географическое расположение норы горного суслика, откуда были добыты ПЦР-положительные блохи гнезда, и найденного павшего от чумы зверька позволяет предположить, что нора принадлежала именно этому грызуну.

Всего при обследовании лабораторно исследовано около 17 % популяции горных сусликов и ори-



Урочище Битюг-Тюбе, места забора проб полевого материала и расположение строений для временного населения
Bityug-Tyube tract, field material sampling sites and location of temporary residential areas

ентировочно 10 % запаса блох (таблица). Получены отрицательные результаты ПЦР при исследовании суспензий органов грызунов и блох.

Вероятностный расчет, выполненный по алгоритму выборки без возвращения, показывает, что максимально возможное число инфицированных чумой зверьков не превышает шести за время обследования до проведения полевой дезинсекции (два месяца).

Расчет, выполненный с использованием имитационной компьютерной модели эпизоотического процесса при чуме, показал, что вероятность заражения второго горного суслика при данной плотности размещения на территории урочища и количестве блох в шерсти и в устьях нор (максимально 17,47) не превышает 0,05 при заданном перемещении сусликов на расстояние в радиусе не менее 100 м за один переход.

Возможность высокой выживаемости при заражении чумой и скрытого протекания инфекции была изучена А.И. Дятловым [4] и повторно подтверждены авторами данной статьи в экспериментах 2023–2025 гг. Сравнительное изучение инфекционной чувствительности двух популяций горных сусликов к выделенному штамму показало их высокую устойчивость. Индекс инфекционной чувствительности для популяций Кичи-Балык и Кызылкол составил 3,79 и 1,25 соответственно. Средняя продолжительность жизни после заражения – 6,6 и 4 суток; процент павших животных на 15-е сутки – 25 и 5 % соответственно.

Учитывая подтверждение данных А.И. Дятлова экспериментами авторов, нет основания сомневаться в данных [6] по Битюг-Тюбе.

В 2021 г. в урочищах Джуакалыкол (4 штамма), Еникол (2 штамма) и **Битюг-Тюбе** (5 штаммов) были выделены штаммы *Y. pestis* от горных сусликов и блох вида *Citellophilus tesquorum*. Вероятно, эпизоотии 2021 г. представляли собой манифестацию единого эпизоотического процесса в крупном поселении горного суслика в высокогорье северного Приэльбрусья. Расчет по методу «выборка без возвращения» показал, что в 2021 г. в урочище Битюг-Тюбе могло быть до 30 заболевших грызунов (± 16).

В 2025 г. из-за труднодоступности отдельных участков поселения (Еникол, Джуакалыкол) невозможно достоверно судить о наличии эпизоотии за пределами обследованной зоны. Однако можно предположить, что сценарий эпизоотического проявления в 2025 г. был схож с 2021 г. – локальный спорадический случай на фоне скрытого эпизоотического процесса.

Результаты лабораторных экспериментов подтверждают данные А.И. Дятлова [6] о высокой выживаемости и последующем выздоровлении горных сусликов при заражении чумой, в том числе непосредственно в урочище Битюг-Тюбе, а также частом отсутствии лабораторного подтверждения инфицированности (и бактериологическим, и серологическим, и ПЦР-методом). Вероятно, в урочище Битюг-Тюбе *Y. pestis* заносится при последовательной передаче из высокогорных участков поселения с крайне редкой манифестацией эпизоотического процесса в виде гибели животного.

Эпизоотия 2021 г. была малоинтенсивной: за две недели выделено 5 штаммов от сусликов и их блох. Архивные данные свидетельствуют, что за все время

наблюдений в урочище микроб чумы выделялся не более чем от 1–3 сусликов за сезон.

В 2025 г. штаммы от отловленных грызунов и их эктопаразитов не выделены; единственный штамм получен от найденного павшего зверька. Следовательно, обнаруженный труп, вероятно, стал единственной манифестацией скрытого эпизоотического процесса крайне низкой интенсивности (0,1–0,2 % от общей популяции в урочище). Полученные эмпирические данные и результаты расчетов позволяют рассматривать происходящий процесс как одну из цепочек спорадических случаев заражения [7], которая закончилась в урочище Битюг-Тюбе.

Малая интенсивность эпизоотического процесса, вероятно, обусловлена двумя факторами: относительно небольшим запасом блох-переносчиков и высокой устойчивостью местных популяций горных сусликов к чуме.

Вопрос о вероятности возникновения интенсивных и/или экстенсивных эпизоотий в данном районе остается открытым. Локальные эпизоотии теоретически возможны при циклическом снижении устойчивости популяции. Колебания числа инфицированных грызунов (от 1 до 3–5 за сезон) частично подтверждают такую цикличность. Согласно моделированию, за летний период в Битюг-Тюбе чумой болеет от 1 до 30 горных сусликов – максимум 3 % популяции, что может рассматриваться как локальная интенсивная эпизоотия. За период с 1971 г. подобных эпизоотий зарегистрировано всего три; разлитых эпизоотий для данного участка не отмечено. Следовательно, колебания устойчивости популяции невелики, а эпидемическая опасность таких проявлений требует дополнительной оценки.

Итак, в 2025 г. в урочище Битюг-Тюбе наблюдалась манифестация эпизоотического процесса чумы в виде единичного спорадического случая. Учитывая высокую устойчивость местных популяций горных сусликов к чуме и скрытый характер эпизоотического процесса, возникает задача оценки эпидемической опасности подобных проявлений для временно проживающего населения.

В настоящее время планируется проведение ежегодной заблаговременной полевой дезинсекции в местах размещения временного населения.

Отдельно следует отметить, что использование систем искусственного интеллекта при обязательной верификации результатов специалистами позволяет оперативно выполнять сложные воспроизводимые расчеты на основе эмпирических данных для углубленного понимания эпизоотических процессов при чуме.

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. Куличенко А.Н., Дубянский В.М., редакторы. Центрально-Кавказский высокогорный природный очаг чумы. Эпизоотология, эпидемиология, микробиология возбудителя. Ставрополь; 2022. 207 с.
2. Методические рекомендации по выявлению различий в инфекционной чувствительности к чуме у видов и популяций животных. Ставрополь; 1983. 11 с.
3. Dubyanskiy V.M., Burdelov L.A., Barkley J.L. Introduction to the computer modeling of the plague epizootic process. Chapter 8. В кн.: Kongoli F., editor. Automation. InTech; 2012. P. 149–70. DOI: 10.5772/48011.
4. Дятлов А.И., Антоненко А.Д., Грижебовский Г.М., Лабунец Н.Ф. Природная очаговость чумы на Кавказе. Ставрополь; 2001. 345 с.
5. Попов Н.В., Карнаухов И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Марцоха К.С., Магерамов Ш.В., Поспелов М.В., Корзун В.М., Вержуцкий Д.Б., Чипанин Е.В., Холин А.В., Лопатин А.А., Дубянский В.М., Ашибокhov У.М., Газиева А.Ю., Кутырев И.В., Аязбаев Т.З., Бамматов Д.М., Балахонov 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: 10.21055/0370-1069-2022-1-35-42.
6. Дятлов А.И. Эволюционные аспекты в природной очаговости чумы. Ставрополь; 1989. 197 с.
7. Слудский А.А. Эпизоотология чумы (обзор исследований и гипотез). Ч. 2. Деп. в ВИНТИ 11.08.2014. № 232-В 2014. Саратов; 2014. 182 с.

References

1. Kulichenko A.N., Dubyansky V.M., editors. [Central Caucasian High-Mountain Natural Focus of Plague. Epizootiology, Epidemiology, Microbiology of the Pathogen]. Stavropol; 2022. 207 p.
2. [Methodological recommendations for identifying differences in susceptibility to plague infection among animal species and populations]. Stavropol; 1983. 11 p.
3. Dubyanskiy V.M., Burdelov L.A., Barkley J.L. Introduction to the computer modeling of the plague epizootic process. Chapter 8. In: Kongoli F., editor. Automation. InTech; 2012. P. 149–70. DOI: 10.5772/48011.
4. Dyatlov A.I., Antonenko A.D., Grizhebovsky G.M., Labunets N.F. [Natural Foci of Plague in the Caucasus]. Stavropol; 2001. 345 p.
5. Popov N.V., Karnaukhov I.G., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Ivanova A.V., Martsokha K.S., Maharramov 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.Y., Kutyrev I.V., Ayazbaev T.Z., Bammатов D.M., Balakhonov S.V., Kulichenko A.N., Kutyrev V.V. [Epidemiological situation on plague in the world and forecast of its development for 2025 in the Russian Federation]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2025; (1):74–83. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-1-35-42.
6. Dyatlov A.I. [Evolutionary Aspects in the Natural Foci of Plague]. Stavropol; 1989. 197 p.
7. Sludsky A.A. [Epizootiology of Plague (Review of Studies and Hypotheses). Part 2]. Deposited to All-Russian Institute of Scientific and Technical Information on 08/11/2014 No. 232-V 2014. Saratov; 2014. 182 p.

Authors:

Dubyansky V.M., Ashibokov U.M., Gazieva A.Yu., Kotenev E.S., Tokhov Yu.M., Mironenko E.A., Tsapko N.V., Rybalko T.I., Serdyukova D.V., Semircheva A.A., Evchenko Yu.M. Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

Kodzokov A.E., Kamolov A.R., Pshchikhachev N.Kh., Belogrudov V.A. Kabardino-Balkarian Plague Control Station. 35, Baysultanova St., Nalchik, 360017, Russian Federation.

Об авторах:

Дубянский В.М., Ашибокhov У.М., Газиева А.Ю., Котенев Е.С., Тохов Ю.М., Мироненко Е.А., Цапко Н.В., Рыбалко Т.И., Сердюкова Д.В., Семирчева А.А., Евченко Ю.М. Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: stavnipchi@mail.ru.

Кодзиков А.Э., Камолов А.Р., Пшихачев Н.Х., Белогрудов В.А. Кабардино-Балкарская противочумная станция. Российская Федерация, 360017, Нальчик, ул. Байсултанова, 35.