

DOI: 10.21055/0370-1069-2026-2-78-83

УДК 639.1.091:616.993

В.М. Дубянский¹, А.А. Кесьян², А.Х. Халидов², У.М. Ашибок¹

Оценка результатов и планирование эпизоотологического обследования с использованием нормированного индекса эпизоотичности на примере южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы

¹Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт, Ставрополь, Российская Федерация;²Дагестанская противочумная станция, Махачкала, Российская Федерация

Обнаружение эпизоотии чумы в природном очаге – событие, близкое к случайному. Дифференциация территории природных очагов чумы по вероятности регистрации эпизоотий значительно повышает шанс ее обнаружения. **Цель** работы – на примере Прикаспийского песчаного природного очага чумы (южная часть) рассчитать нормированный индекс эпизоотичности (ИЭ), дифференцировать обследованные сектора по вероятности регистрации эпизоотий, дать предложения по совершенствованию эпизоотологического обследования. **Материалы и методы.** Обработана информация по 335 секторам, в основном с 1981 по 2024 г. Рассчитан традиционный ИЭ и нормированный, корректирующий искажения от эффекта предвзятости обнаружения. **Результаты и обсуждение.** Подтвержден эффект предвзятости обнаружения при обследовании очаговой территории. Нормированный ИЭ в сравнении со стандартным показал увеличение малоэпизоотичных (низкий индекс нормированного ИЭ) секторов почти в полтора раза. Предложен математически обоснованный критерий выделения малоперспективных для поиска эпизоотий секторов (порог вероятности – 0,95), что позволяет перераспределить усилия с них на недостаточно обследованные сектора или с высоким нормированным ИЭ. Этот подход повышает эффективность эпизоотологического мониторинга, оптимизирует использование ресурсов и уточняет границы очага чумы.

Ключевые слова: нормированный индекс эпизоотичности, природный очаг чумы, сектор первичного района.

Корреспондирующий автор: Ашибок Умар Мухадинович, e-mail: umar5555@mail.ru.

Для цитирования: Дубянский В.М., Кесьян А.А., Халидов А.Х., Ашибок У.М. Оценка результатов и планирование эпизоотологического обследования с использованием нормированного индекса эпизоотичности на примере южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2026; 2:78–83. DOI: 10.21055/0370-1069-2026-2-78-83

Поступила 10.10.2025. Отправлена на доработку 31.10.2025. Принята к публикации 25.11.2025.

V.M. Dubyansky¹, A.A. Kes'yan², A.Kh. Khalidov², U.M. Ashibokov¹

Evaluation of the Results and Planning of an Epizootiological Survey Using a Rated Epizooty Index by the Example of the Southern Part of the Caspian Sandy Natural Focus of Plague

¹Stavropol Research Anti-Plague Institute, Stavropol, Russian Federation;²Dagestan Plague Control Station, Makhachkala, Russian Federation

Abstract. The discovery of a plague epizooty in a natural focus is almost a random event. Differentiation of territories within natural plague foci based on the probability of epizooty registration significantly increases the chances of its identifying. **The aim** of the work was to calculate the rated epizooty index (EI) using the example of the Caspian sandy natural plague focus (southern part), differentiate the surveyed sectors according to the probability of registering epizootics, and provide proposals for improving the epizootiological survey. **Materials and methods.** Data on 335 sectors, primarily spanning 1981–2024, were analyzed. Conventional and rated epizooty indices (CEI and REI) were calculated, the rated one allowing for correcting the detection bias effects. **Results and discussion.** Detection bias during focal territory surveys has been confirmed. Compared to conventional EI, the REI has revealed a 1.5-fold increase in low-risk epizooty sectors (low REI values). A mathematically rigorous criterion is proposed to identify low-prospect sectors for epizooty detection (probability threshold: 0.95). This allows reallocating efforts to under-surveyed sectors or those with high REI values. This approach enhances epizootiological monitoring efficiency, optimizes resource allocation, and refines plague focus boundaries.

Key words: rated epizooty index, natural plague focus, primary district sector.

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

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

Corresponding author: Umar M. Ashibokov, e-mail: umar5555@mail.ru.

Citation: Dubyansky V.M., Kes'yan A.A., Khalidov A.Kh., Ashibokov U.M. Evaluation of the Results and Planning of an Epizootiological Survey Using a Rated Epizooty Index by the Example of the Southern Part of the Caspian Sandy Natural Focus of Plague. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2026; 2:78–83. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2026-2-78-83

Received 10.10.2025. Revised 31.10.2025. Accepted 25.11.2025.

Dubyansky V.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3817-2513>

Ashibokov U.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9197-588X>

Обнаружение эпизоотии чумы в природном очаге – событие, близкое к случайному, так как возможно при одновременном наступлении трех событий: специалисты, обследующие территорию очага, окажутся на определенном участке в то время, когда на нем присутствуют инфицированные носители и переносчики чумного микроба, и хотя бы один носитель или переносчик возбудителя чумы попадет в пробу полевого материала. Территория, занимаемая природными очагами чумы в пределах Российской Федерации, обычно достаточно велика. Даже самый маленький – Терско-Сунженский низкогорный природный очаг – занимает площадь 2439 км² [1–3]. Противочумные учреждения обследуют очаг далеко не полностью. Соответственно, при обследовании высока вероятность пропустить эпизоотию чумы [4]. Результаты обследования фактически свидетельствуют только о том, что среди ориентировочно десятых долей процента от общего количества в очаге носителей и сотых долей процента переносчиков на дату обследования эпизоотии зарегистрированы либо нет. Это неудовлетворительный с эпидемиологической точки зрения результат, так как случаи заражения человека чумой в России и странах СНГ в последние десятилетия связаны именно с эпизоотиями. Необнаружение эпизоотий повышает риск эпидемических осложнений. В связи с этим дифференциация территории природных очагов чумы по вероятности регистрации эпизоотий является актуальной задачей, так как идентифицируется территория, на которой эпизоотия более вероятна, и повышается интенсивность ее обследования, что увеличивает шанс обнаружения эпизоотии.

Для оценки напряженности эпизоотической ситуации на участках природных очагов инфекций в практике работы противочумных учреждений широко используется показатель «индекс эпизоотичности» (ИЭ) [1]. Показатель ИЭ, обозначающий отношение числа лет (месяцев), в течение которых на данной территории регистрировали наличие возбудителя, к числу лет (месяцев) наблюдения, требует равномерного по времени, с одинаковой кратностью обследования всей территории. Расчет ИЭ на территориях, одни из которых были обследованы 2–3 раза, а другие 50–100 раз, лишает возможности математически достоверно определить степень эпизоотической и, соответственно, эпидемической напряженности, выявить потенциально неочаговые участки и таким образом оптимизировать эпизоотологическое обследование.

Выявление потенциально неочаговых участков целесообразно в целях уменьшения экономических затрат на обследование, а также корректировки границ и площади очага чумы.

Важным моментом является оценка обследования с точки зрения эффекта предвзятости обнаружения [5, 6], при котором повышенное внимание к определенной точке приводит к более частому обнаружению эпизоотии именно в этой точке, даже

если на самом деле распространение эпизоотийных участков может быть равномерным или случайным.

Метод расчета нормированного ИЭ, позволяющий в определенной мере сгладить последствия неравномерности обследования природных очагов, описан в работе В.М. Дубянского и соавт. [7].

Цель данной работы – на примере Прикаспийского песчаного природного очага чумы (южная часть) рассчитать нормированный ИЭ по [7], дифференцировать обследованные сектора по вероятности регистрации эпизоотий, дать предложения по совершенствованию эпизоотологического обследования.

Для достижения этой цели решались следующие задачи: провести анализ соотношения кратности обследования и кратности регистрации эпизоотий чумы в пространственно-временном разрезе; определить, имеется или нет эффект предвзятости обнаружения; рассчитать общепринятый и нормированный ИЭ; оценить достаточность эпизоотологического обследования; дать предложения по совершенствованию эпизоотологического обследования.

Материалы и методы

Расчет ИЭ относительно сектора осуществляется согласно методическим указаниям «Эпидемиологический надзор в природных очагах чумы на территории Российской Федерации: мониторинг, диагностика, профилактика» (МУ 3.1/4.2.4065-24). Данные по кратности обследования и кратности регистрации эпизоотий получены из архива ФКУЗ «Дагестанская ПЧС» Роспотребнадзора с 1991 по 2024 г. в рамках выполнения государственной программы «Обеспечение химической и биологической безопасности Российской Федерации» в 2021–2024 гг.

Кратность обследования и кратность выявления эпизоотии рассчитывались с условием, что между посещениями сектора проходил как минимум один месяц.

Всего обработана информация по 335 секторам, в основном с 1981 по 2024 г. Информация по 12 секторам представлена с 1950 г.

ИЭ рассчитывается классическим способом [1], нормированный ИЭ определяется согласно [7] в виде вероятности выявления эпизоотии в секторе P_i .

Статистические расчеты выполнены в программе Past 4 (<https://folk.universitetetioslo.no/ohammer/past>). Использовался коэффициент корреляции Спирмена. График и описательная статистика созданы в Excel. Карты составлены в QGIS v.34.14.

Результаты и обсуждение

Из 335 секторов, входящих в южную часть Прикаспийского песчаного природного очага чумы, 23 ни разу не обследовались в исследуемый период. Максимальная кратность обследования сектора – 174, кратность регистрации чумы в секторе – 9 (рис. 1).

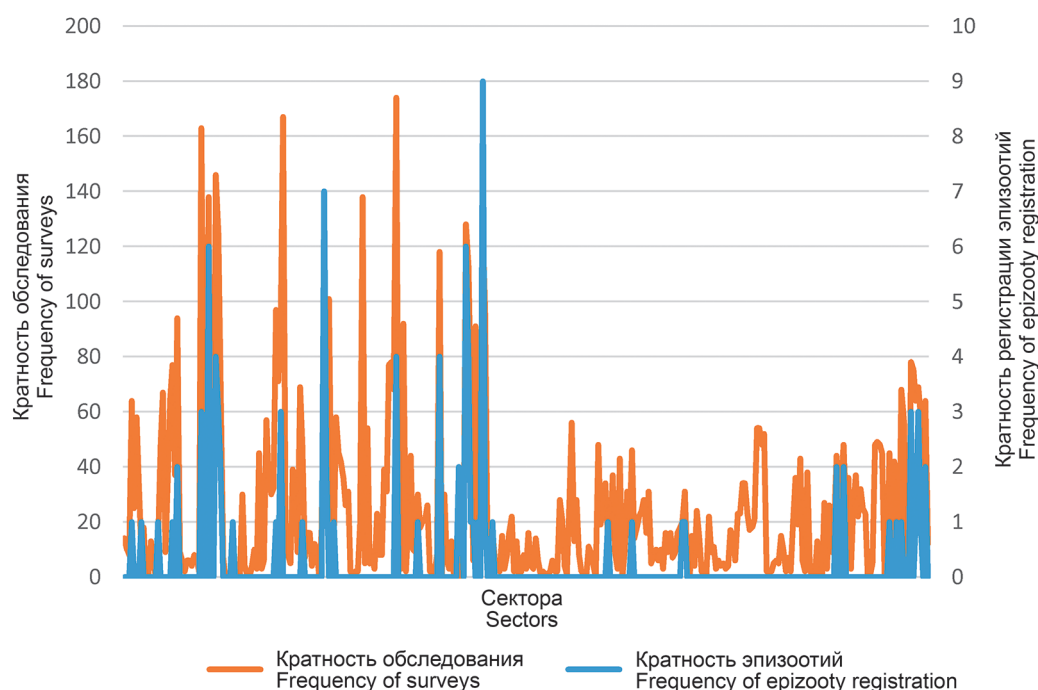


Рис. 1. Кратность обследования и кратность регистрации эпизоотий в секторах южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы

Fig. 1. Frequency of surveys and frequency of epizooty registration in the sectors of the southern part of the Caspian sandy natural plague focus

За период исследования эпизоотии регистрировались на территории 42 сектора. ИЭ представлен на рис. 2 и формализован разбиением по квартилям: низкий – до 0,022; средний – 0,023–0,034; высокий – 0,035–0,065 и очень высокий – выше 0,065. Количество секторов с низким и средним ИЭ – 8 в каждой градации (по 19,04 %), с высоким – 14 (33,33 %), с очень высоким – 12 (28,57 %).

Нормированный ИЭ имеет только три градации, так как границы первого квартиля и медианы совпадают: 0–0,000122 – низкий, 22 сектора (52,38 %); 0,000123–0,000365 – средний, 7 секторов (16,66 %); выше 0,000365 – высокий, 13 секторов (30,95 %).

Территория Прикаспийского природного очага чумы (южная часть) обследуется неравномерно (рис. 1, таблица), что хорошо демонстрируют размах колебаний кратности обследования и другие статистические данные.

Существует прямая достоверная корреляционная связь между кратностью обследования и кратностью регистрации эпизоотий: $R=0,39$ при $p<0,001$. Ранее подобная корреляция была обнаружена в Центрально-Кавказском высокогорном природном очаге чумы [7] ($R=0,69$) и Прибалхашском автономном очаге чумы [8] ($R=0,80$).

Корреляции статистически подтверждают то, что эмпирически представлено на рис. 1 и в таблице: наблюдается тенденция к более частому обследованию тех участков, где ранее уже выявлялись эпизоотии, в ущерб обследованию остальной территории. Таким образом, для южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы характерно проявление эффекта предвзятости обнаружения, хотя и не столь сильное, как для Прибалхашского и Центрально-Кавказского высокогорного природных очагов чумы.

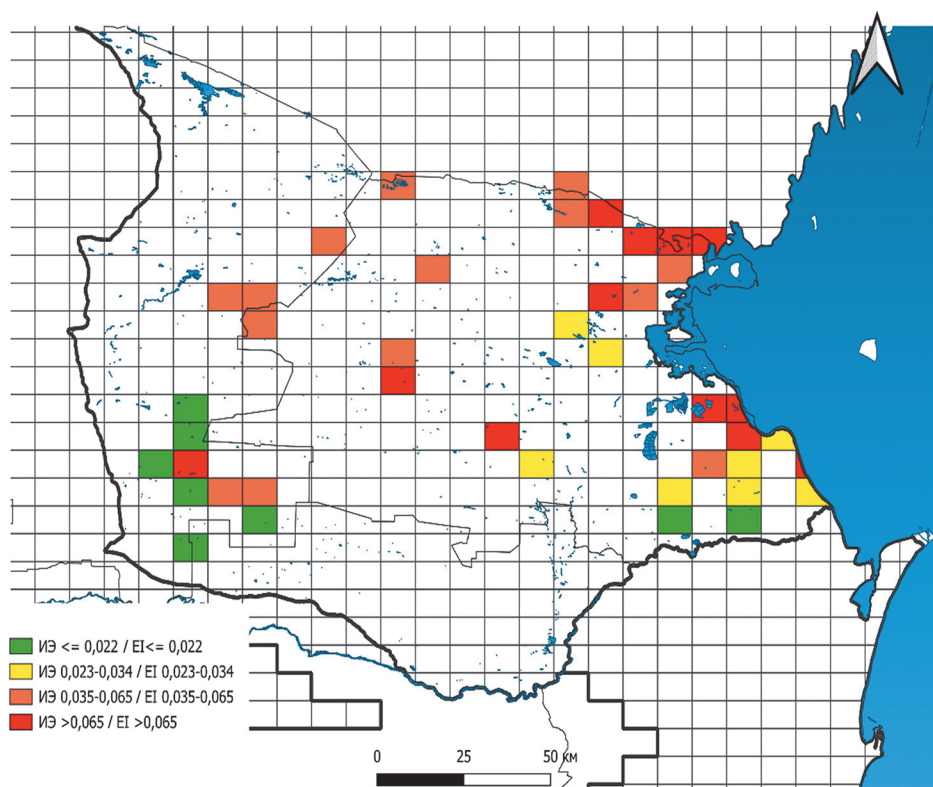
Действительно, в Прикаспийском песчаном природном очаге существуют сектора, в которых при многократном обследовании эпизоотии чумы не обнаруживаются либо регистрируются в редких случаях. И, напротив, известны случаи выявления эпизоотий в секторе при редком обследовании.

Избежать эффекта предвзятости обнаружения можно равномерно обследуя территорию, что не согласуется с МУ 3.1/4.2.4065-24. Поэтому для более объективной оценки результатов обследования практикуется применение математических моделей, корректирующих искажения, в том числе расчет нормированного ИЭ по [7].

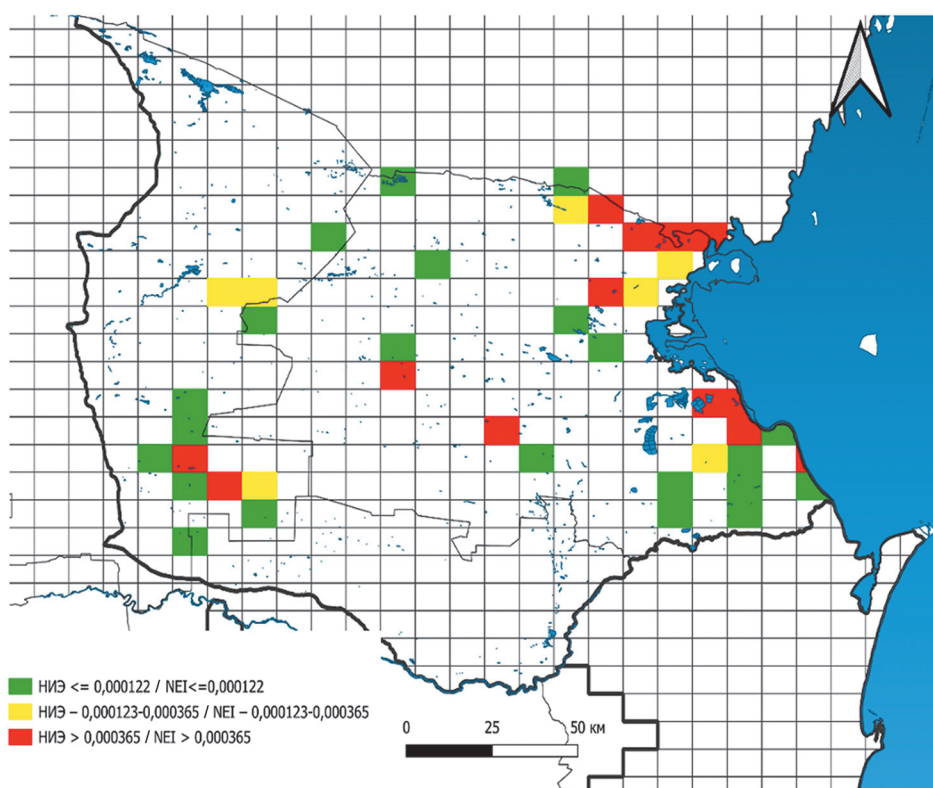
Описательная статистика значений кратности обследования и кратности регистрации эпизоотий

Descriptive statistics of survey frequency values and epizooty registration frequency

Кратность регистрации эпизоотий Frequency of epizooty registration		Кратность обследования Frequency of surveys	
Среднее Average	0,289552	Среднее Average	24,51045
Стандартная ошибка Standard error	0,05471	Стандартная ошибка Standard error	1,690309
Медиана Median	0	Медиана Median	13
Мода Mode	0	Мода Mode	2
Стандартное отклонение Standard deviation	1,001366	Стандартное отклонение Standard deviation	30,93773
Размах колебаний Variance	9	Размах колебаний Variance	174
Минимум Minimum	0	Минимум Minimum	0
Максимум Maximum	9	Максимум Maximum	174



A



B

Рис. 2. Индекс эпизоотичности (А) и нормированный индекс эпизоотичности (В) секторов южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы

Fig. 2. Epizooty index (A) and rated epizooty index (B) of sectors in the southern part of the Caspian sandy natural plague focus

Сектора с очень высоким ИЭ и высоким нормированным ИЭ идентичны. Семь секторов с высоким ИЭ при пересчете перешли в градацию среднего нормированного ИЭ, остальные сектора имеют низкий нормированный ИЭ. Количество секторов с высоким нормированным ИЭ (13) на один больше количества секторов с очень высоким ИЭ. Географическое расположение этих секторов также совпадает.

Сектора с высоким уровнем ИЭ при пересчете стали соответствовать как высокому уровню нормированного ИЭ (1 сектор), так и среднему (7 секторов) и низкому уровню (7 секторов).

Сектора со средним уровнем ИЭ перешли в ряд с низким уровнем нормированного ИЭ.

В результате больше половины всех секторов, в которых регистрировались эпизоотии, оказались с низким нормированным ИЭ.

Данные о кратности эпизоотий и кратности обследования позволяют определить малоперспективные для поиска эпизоотий сектора и последовательно регулировать план обследования с горизонтом в один-два года. Используя формулу (9) из статьи В.М. Дубянского и соавт. [7], выяснилось, что нет ни одного сектора, который можно было бы признать малоперспективным с вероятностью 0,99. Однако, если снизить порог вероятности до 0,95, таких секторов будет уже 16. Эти сектора еще нельзя исключить из очаговой территории, но имеет смысл снизить кратность их обследования по крайней мере вдвое. Высвободившиеся ресурсы можно использовать для усиленного обследования секторов, которые имеют кратность обследования 56 и 57. Таких секторов четыре (рис. 3). Если при 58-кратном обследовании в этих секторах не будет зарегистрирована эпизоотия, то они тоже будут отнесены к малоперспективным.

В дальнейшем можно продолжать такую же тактику обследования, постепенно определяя группу малоперспективных секторов, интенсивность обследования которых может быть снижена, и концентрируя обследование на секторах с ненулевым нормированным ИЭ и недообследованных секторах. К недообследованным относятся сектора, в которых не регистрировались эпизоотии, но кратность их обследования ниже 58.

Стоит обратить внимание на тот факт, что часть малоперспективных для регистрации эпизоотии секторов расположены по соседству с секторами, имеющими высокий нормированный ИЭ. При этом заноса эпизоотий из последних не наблюдалось.

Таким образом, для южной части Прикаспийского песчаного природного очага чумы характерно проявление эффекта предвзятости обнаружения, которое ранее было подтверждено статистически для Прибалхашского и Центрально-Кавказского высокогорного природных очагов чумы. В значительной степени этот эффект связан с методикой обследования очагов (МУ 3.1/4.2.4065-24), которая требует оконтуривания выявленных эпизоотий и преимущественного обследования эпидемически значимых территорий. Для более объективной оценки пространственной структуры проявления эпизоотий использован нормированный ИЭ.

В данном случае нормированный ИЭ в сравнении со стандартным показал увеличение малоэпизоотичных (низкий индекс нормированного ИЭ) секторов почти в полтора раза, с подтверждением того, что 13 секторов действительно имеют высокую частоту регистрации эпизоотий.

Использование нормирования, предложенное в работе [7], может увеличить объективность показа-

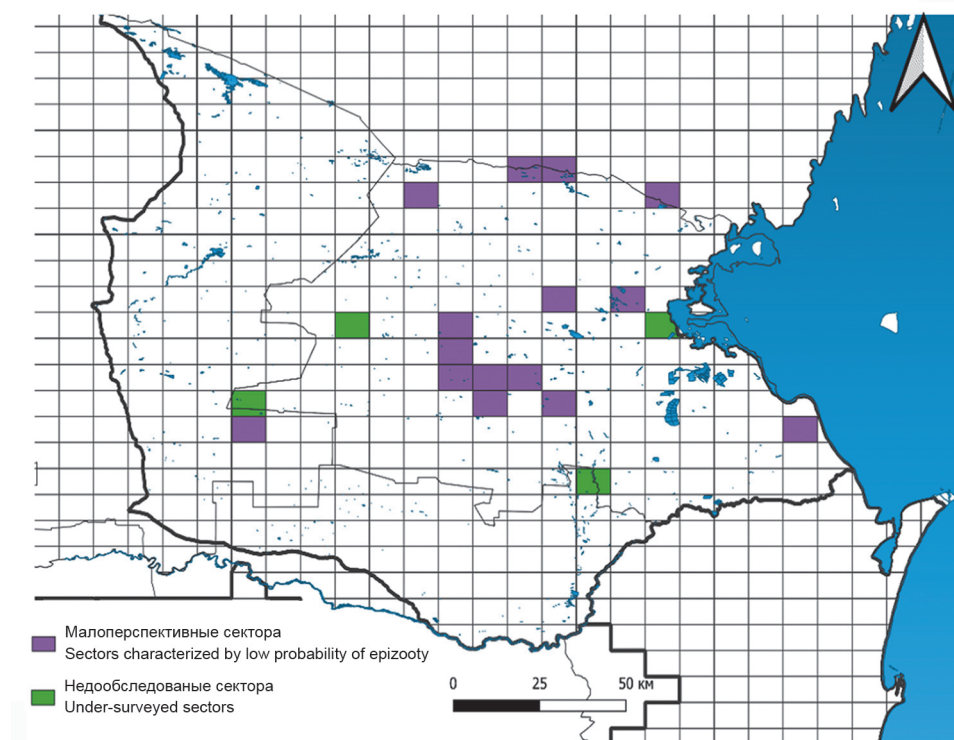


Рис. 3. Малоперспективные для поиска эпизоотий (вероятность отсутствия эпизоотий – 0,95) и недообследованные сектора

Fig. 3. Sectors characterized by low probability of epizooty detection (purple) (probability of epizooty absence – 0.95) and under-surveyed sectors (green)

теля эпизоотической активности природного очага, так как согласно п. 4.12.7 МУ 3.1/4.2.4065-24 для расчета этого показателя не должно наблюдаться эффекта предвзятости обнаружения.

С использованием сведений о кратности регистрации эпизоотий и кратности обследования секторов появляется возможность корректировать план обследования очага, последовательно определяя малоперспективные участки и дополнительно концентрируясь на секторах, в которых эпизоотии могут быть обнаружены с большей вероятностью.

В перспективе при выявлении секторов, в которых вероятность эпизоотий меньше 0,01, возможна выбраковка этих территорий как неэпизоотических.

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. Онищенко Г.Г., Кутырев В.В., редакторы. Природные очаги чумы Кавказа, Прикаспия, Средней Азии и Сибири. М.: Медицина; 2004. 191 с.
2. Попова А.Ю., Кутырев В.В., редакторы. Атлас природных очагов чумы России и зарубежных государств. Калининград: РА Полиграфич; 2022. 348 с.
3. Попова А.Ю., Кутырев В.В., редакторы. Кадастр эпидемических и эпизоотических проявлений чумы на территории Российской Федерации и стран ближнего зарубежья (с 1876 по 2016 год). Саратов: Амирит; 2016. 248 с.
4. Ротшильд Е.В. Пространственная структура природного очага чумы и методы ее изучения. М.: Изд-во МГУ; 1978. 192 с.
5. Lambert C., Cecere J.G., De Pascalis F., Grémillet D. Correcting detection bias in mapping the abundance of marine megafauna using a Mediterranean seabird as an example. *ICES J. Mar. Sci.* 2024; 81(5):996–1006. DOI: 10.1093/icesjms/fsae058.
6. Yang Y., Sánchez-Tójar A., O'Dea R.E., Noble D.W.A., Koricheva J., Jennions M.D., Parker T.H., Lagisz M., Nakagawa S. Publication bias impacts on effect size, statistical power, and magnitude (Type M) and sign (Type S) errors in ecology and evolutionary biology. *BMC Biol.* 2023; 21(1):71. DOI: 10.1186/s12915-022-01485-y.
7. Дубянский В.М., Матюхин С.И., Евченко Ю.М. Применение методов теории вероятности для планирования площади эпизоотологического обследования Центрально-Кавказского высокогорного природного очага чумы. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2018; (4):48–53. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-4-48-53.

8. Дубянский В.М., Поле С.Б., Бурделов Л.А., Классовская Е.В., Сапожников В.И. Зависимость выявления чумы на Баканасской равнине от полноты эпизоотологического обследования. *Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане.* 2007; 15-16(1-2):63–7.

References

1. Onishchenko G.G., Kutyrev V.V., editors. [Natural Plague Foci in the Territory of Caucasus, Caspian Sea Region, Central Asia, and Siberia]. Moscow: "Meditsina"; 2004. 191 p.
2. Popova A.Yu., Kutyrev V.V., editors. [Atlas of Natural Foci of Plague in Russia and Foreign Countries]. Kaliningrad: "RA Poligrafich"; 2022. 348 p.
3. Popova A.Yu., Kutyrev V.V., editors. [Cadastre of Epidemic and Epizootic Manifestations of Plague in the Territory of the Russian Federation and Former Soviet Union (1876–2016)]. Saratov: "Amirit"; 2016. 247 p.
4. Rothschild E.V. [Spatial Structure of the Natural Plague Focus and Methods of Its Study]. Moscow: Moscow State University; 1978. 192 p.
5. Lambert C., Cecere J.G., De Pascalis F., Grémillet D. Correcting detection bias in mapping the abundance of marine megafauna using a Mediterranean seabird as an example. *ICES J. Mar. Sci.* 2024; 81(5):996–1006. DOI: 10.1093/icesjms/fsae058.
6. Yang Y., Sánchez-Tójar A., O'Dea R.E., Noble D.W.A., Koricheva J., Jennions M.D., Parker T.H., Lagisz M., Nakagawa S. Publication bias impacts on effect size, statistical power, and magnitude (Type M) and sign (Type S) errors in ecology and evolutionary biology. *BMC Biol.* 2023; 21(1):71. DOI: 10.1186/s12915-022-01485-y.
7. Dubyansky V.M., Matyukhin S.I., Evchenko Yu.M. [Application of the probability theory methods for scheming the area of epizootiological survey of the Central-Caucasian high-mountain natural plague focus]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2018; (4):48–53. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-4-48-53.
8. Dubyansky V.M., Pole S.B., Burdelov L.A., Klassovskaya E.V., Sapozhnikov V.I. [Dependence of plague detection in the Bakanasskaya plain on the completeness of epizootiological survey]. *Karantinnnye i Zoonoznye Infektsii v Kazakhstane [Quarantine and Zoonotic Infections in Kazakhstan]*. 2007; 15-16(1-2):63–7.

Authors:

Dubyansky V.M., Ashibokov U.M. Stavropol Research Anti-Plague Institute. 13–15, Sovetskaya St., Stavropol, 355035, Russian Federation. E-mail: post@snipchi.ru.

Kes'yan A.A., Khalidov A.Kh. Dagestan Plague Control Station. 13d, Gagarin St., Makhachkala, 367015, Russian Federation.

Об авторах:

Дубянский В.М., Ашибокоев У.М. Ставропольский научно-исследовательский противочумный институт. Российская Федерация, 355035, Ставрополь, ул. Советская, 13–15. E-mail: post@snipchi.ru.

Кесьян А.А., Халидов А.Х. Дагестанская противочумная станция. Российская Федерация, 367000, Махачкала, ул. Гагарина, 13д.