

DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-178-181

УДК 616.98:579.842.23:614.4

С.А. Бугоркова, О.М. Кудрявцева, С.А. Щербакова, В.В. Кутырев

### Возможности мобильной лаборатории для обеспечения задач иммунологического мониторинга на территориях природных очагов чумы

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

Мобильные лаборатории для решения задач по осуществлению противоэпидемических мероприятий на территориях природных очагов чумы выполняют важную функцию обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия страны. **Цель** исследования – определение спектра направлений и тактики применения мобильных лабораторий для обеспечения текущих задач иммунологического мониторинга за состоянием здоровья контингента риска на территории природного очага чумы. Проведен ретроспективный анализ результатов многолетнего иммунологического мониторинга за контингентом риска, прививаемым против чумы. Определены возможности и перспективы применения мобильной лаборатории для иммунологического мониторинга в рамках обеспечения задач и функций Роспотребнадзора. Мобильные лаборатории для иммунологического мониторинга расширяют возможность решения оперативных вопросов, связанных с обеспечением специфической профилактики особо опасных инфекционных болезней, а применение их в составе других мобильных формирований санитарно-эпидемиологической службы будет способствовать более точному определению территории, объема, направленности и приоритетности тех или иных профилактических мероприятий.

*Ключевые слова:* мобильная лаборатория, иммунологический мониторинг, противочумная вакцинация.

*Корреспондирующий автор:* Бугоркова Светлана Александровна, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

*Для цитирования:* Бугоркова С.А., Кудрявцева О.М., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Возможности мобильной лаборатории для обеспечения задач иммунологического мониторинга на территориях природных очагов чумы. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2024; 3:178–181. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-178-181

*Поступила 11.06.2024. Принята к публ. 21.06.2024.*

S.A. Bugorkova, O.M. Kudryavtseva, S.A. Shcherbakova, V.V. Kutyrev

### Performance Capabilities of a Mobile Laboratory for Supporting Immunological Monitoring in Natural Plague Foci

Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation

**Abstract.** Mobile laboratories for implementing anti-epidemic measures in the territories of natural plague foci perform an important function of ensuring sanitary-epidemiological well-being of the country. **The aim** of the study was to determine the range of areas and tactics for deploying mobile laboratories to ensure the current tasks of immunological monitoring over the health status of the population at risk in the territory of a natural plague focus. Retrospective analysis of the results of long-term immunological monitoring of the risk contingent vaccinated against plague was carried out. The possibilities and prospects for using a mobile laboratory for immunological monitoring within the framework of ensuring the tasks and functions of the Rospotrebnadzor have been determined. Mobile laboratories for immunological monitoring expand the capacities to solve operational issues related to the provision of specific prophylaxis of particularly dangerous infectious diseases, and their deployment as part of other mobile units of the Sanitary-Epidemiological Service will contribute to a more accurate delimitation of the territory, volume, scope and priority of any given preventive measure.

*Key words:* mobile laboratory, immunological monitoring, anti-plague vaccination.

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

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

*Corresponding author:* Svetlana A. Bugorkova, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

*Citation:* Bugorkova S.A., Kudryavtseva O.M., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. Performance Capabilities of a Mobile Laboratory for Supporting Immunological Monitoring in Natural Plague Foci. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsij [Problems of Particularly Dangerous Infections].* 2024; 3:178–181. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2024-3-178-181

*Received 11.06.2024. Accepted 21.06.2024.*

Bugorkova S.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7548-4845>  
Kudryavtseva O.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9894-3394>

Shcherbakova S.A., ORCID: <https://orcid.org/0000-003-1143-4069>  
Kutyrev V.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-003-3788-3452>

Востребованность передвижных мобильных лабораторий (МЛ) резко возрастает в современных эпидемиологических, социально-экономических и геополитических условиях, развивающихся на фоне

увеличения спектра инфекционных болезней, включая новые и возвращающиеся инфекции. Наглядным примером служит использование МЛ в период распространения новой коронавирусной инфекции

(COVID-19) и эффективное их применение как для решения широкого круга вопросов, связанных с задачами лабораторной диагностики SARS-CoV-2, так и, при необходимости, для оценки состояния гуморального иммунного ответа у лиц, перенесших COVID-19 и/или планирующих пройти вакцинацию [1].

Природные очаги чумы на территории Российской Федерации, занимающие более 220 тыс. км<sup>2</sup>, включают отдаленные и труднодоступные районы [2]. Адекватное применение профилактических мероприятий на такой территории требует привлечения значительных сил и средств. Ключевой этап оптимизации мероприятий по специфической профилактике чумы в современных условиях заключается в обеспечении возможности проведения иммунологического мониторинга на территориях природных очагов этой инфекции с целью сбора и анализа данных относительно специфической резистентности к чуме в различных группах населения и характеристики состояния иммунной системы у контингента риска.

Создание специальной мобильной лаборатории для обеспечения нужд иммунологического мониторинга открывает возможность для выполнения высокотехнологичных исследований по оценке состояния иммунной системы на отдаленных от крупных населенных пунктов и исследовательских центров территориях.

**Цель** исследования состояла в определении спектра направлений и тактики применения мобильных лабораторий для обеспечения текущих задач иммунологического мониторинга за состоянием здоровья контингента риска на территории природного очага чумы.

Проведен ретроспективный анализ результатов проспективного наблюдательного исследования за контингентом риска, вакцинируемым против чумы в рамках национального календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям за период 2016–2021 гг. на территории трех природных очагов чумы (Горно-Алтайский высокогорный, Тувинский горный и Прикаспийский песчаный), и оценка возможности применения для проведения иммунологического мониторинга разработанной нами модели мобильной лаборатории (МЛИМ) [3].

В настоящее время для обеспечения мероприятий по специфической профилактике чумы, реализуемых в рамках исполнения календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям (приложение № 2 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 06.12.2021 № 1122н «Об утверждении национального календаря профилактических прививок, календаря профилактических прививок по эпидемическим показаниям и порядка проведения профилактических прививок»), населению, проживающему на территориях природных очагов чумы в период обострения эпизоотической активности или прогнозируемого ее повышения, а также всем лицам, въезжающим на

эти территории, применяют вакцину живую чумную (ВЧЖ) [4]. Препарат используется накожно, обеспечивая, согласно инструкции по его применению, формирование напряженного специфического иммунитета продолжительностью до 12 месяцев. Такая характеристика ВЧЖ обуславливает необходимость, в случае сохранения эпизоотической активности в следующем сезоне, проведения ежегодной ревакцинации контингента риска.

Задача вакцинации против чумы с учетом эпидемических показаний заключается в своевременном формировании напряженного иммунитета, желательным, чтобы сформированный иммунитет был длительным, но, к сожалению, ВЧЖ не обеспечивает длительной защиты [5]. В то же время применение живых вакцин на фоне сохраняющегося специфического иммунного ответа резко снижает эффективность профилактических мероприятий, так как в иммунном организме вакцинный штамм не может обеспечить должной перестройки [6]. Ключевая роль в формировании специфического противочумного иммунитета принадлежит клеточным факторам защиты, в частности Т-лимфоцитам, синтезирующим ИФН- $\gamma$  и ФНО- $\alpha$  для активации бактерицидной активности макрофагов, но и гуморальное звено (специфические антитела) участвует в обеспечении протективного иммунного ответа [7]. Предпринятая в период с 2016 по 2021 г. попытка всесторонней характеристики иммунологических реакций на ВЧЖ у привитых лиц в период становления специфической защиты (1, 3, 6, 12 месяцев) позволила по-новому взглянуть на проблему проведения специфических профилактических мероприятий против чумы на территории природных очагов этой инфекции [8]. Например, анализ результатов серологического мониторинга, проводимого в современных условиях, позволил сделать заключение, что сформированного иммунитета после первичной вакцинации ВЧЖ по истечении 6 месяцев уже не достаточно для полноценной защиты от инфекции, что диктует необходимость смещения сроков очередной ревакцинации [9]. В то же время, согласно результатам исследования иммунного ответа, среди вакцинированных часто встречаются лица с высоким уровнем показателей клеточного иммунитета, сохраняющимся до 12 месяцев [8].

Другой аспект специфической профилактики чумы, связанный с необходимостью мониторинга иммунного ответа на ВЧЖ, обусловлен возрастающими в современном мире угрозами биологического характера, когда все чаще возникает необходимость определения первоочередности применения тех или иных вакцин для профилактики инфекционных заболеваний. Наглядным тому пример – ситуация, сложившаяся с необходимостью вакцинации против SARS-CoV-2, что потребовало, с одной стороны, определенных усилий по интеграции вакцинации против новой коронавирусной инфекции в национальный календарь прививок по эпидемическим показаниям, а с другой – пересмотра приоритетов

вакцинации с учетом реальных рисков распространения той или иной инфекции [10].

Возможности МЛИМ [3], с учетом ее функционала, позволяют в полевых условиях проводить забор клинического материала, его подготовку и анализ с применением современного высокоточного оборудования для оценки всех звеньев иммунной системы в рамках поставленной задачи. Например, возникает необходимость оценить клеточное звено иммунитета у контингента риска, для этого необходимы современные диагностические программные комплексы (стационарные проточные цитофлуориметры, ИФА-анализаторы) – сложные и дорогостоящие системы, требующие для своего обслуживания высококвалифицированного персонала и доступные в крупных населенных пунктах или специализированных медицинских организациях, посещение которых сопряжено с необходимостью прерывания производственного процесса. В этих условиях комплектация разработанной нами МЛИМ, способной обеспечивать весь комплекс иммунологических исследований в рамках существующего алгоритма наблюдения за контингентом риска, становится единственно доступным средством для всесторонней оценки состояния иммунной системы у лиц, проживающих на территории природного очага чумы.

Следующий аспект применения МЛИМ связан с решением оперативных вопросов обеспечения специфической профилактики особо опасных инфекционных болезней, когда возникает необходимость динамического наблюдения за контингентом риска, рассредоточенным на значительной территории природного очага инфекции с целью пополнения базы данных по состоянию иммунитета у вакцинируемого контингента и формирования тактических подходов (определение сроков и объемов вакцинации) к применению ВЧЖ в очередной эпидемиологический сезон.

Применение МЛИМ в составе других мобильных формирований санитарно-эпидемиологической службы открывает перспективу для осуществления комплексного мониторинга за эпизоотологической, эпидемиологической ситуациями и состоянием иммунного статуса у контингента риска, давая возможность сбора и одновременного анализа результатов иммунологического наблюдения, что необходимо для более точного определения территории, объема, содержания и направленности профилактических мероприятий, определения приоритетности применения прививки против той или иной инфекционной болезни конкретному человеку.

Возможности разработанной нами МЛИМ позволяют проводить анализ любого биологического материала с применением иммунологических методов, включая забор и последующую подготовку проб биологического материала, и осуществлять сложный информативный анализ в любых природных условиях, повышая скорость, качество и результативность

профессионального заключения о состоянии иммунной системы лиц, планируемых на очередную прививку ВЧЖ, способствуя выявляемости состояний иммунной системы, требующих немедленной или плановой коррекции. Возможно расширение функций МЛИМ за счет увеличения перечня оцениваемых показателей в рамках используемого портативного высокотехнологичного проточного цитофлуориметра, включая исследования не только базовых и специфических показателей иммунного статуса, но и банальное общеклиническое исследование крови, что позволит обеспечить доступность медицинского наблюдения для контингента риска, рассредоточенного на значительной территории природных очагов опасных и особо опасных инфекционных болезней.

Реальная перспектива применения результатов иммунологического мониторинга, проводимого в природных очагах чумы, – возможность прогнозирования характера и интенсивности иммунного ответа у лиц, вакцинированных ВЧЖ. Методически с использованием МЛИМ оценку иммунологической эффективности противочумной вакцинации можно осуществлять выборочно (среди различных групп населения, проживающих на территории природных очагов чумы) или прицельно, ориентируясь на индикаторные группы либо группы риска (медицинские работники; персонал специализированных лабораторий; лица, осуществляющие определенные виды деятельности, сопряженные с риском заражения чумой, – охотники, чабаны и др.).

Существующая проблема применения МЛИМ и оснащения ими специализированных формирований Роспотребнадзора связана с отсутствием специальной нормативной базы для обеспечения мероприятий по проведению иммунологического мониторинга (наравне с эпизоотологическим и микробиологическим) на территориях природных очагов чумы, включения единого алгоритма обследования вакцинируемого контингента в порядок организации и проведения наблюдения за лицами, вакцинируемыми ВЧЖ по эпидемическим показаниям.

Таким образом, мобильные лаборатории для иммунологического мониторинга расширяют возможности для решения оперативных вопросов, связанных с обеспечением специфической профилактики особо опасных инфекционных болезней, а их применение в составе других мобильных формирований санитарно-эпидемиологической службы будет способствовать более точному определению территории, объема, содержания, направленности и приоритетности тех или иных профилактических мероприятий.

**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. Касьян Ж.А., Le Thi Lan Anh, Шарова И.Н., Vo Viet Cuong, Oglođin E.G., Trinh Van Toan, Голубев С.Н., Проскурякова М.В., Bui Thi Lan Anh, Hoang Duc Hau, Dang Thi Viet Huong, Pham Thi Ha Giang, Duong Van Nghia, Bui Thi Thanh Nga, Ляпин М.Н., Щербакова С.А. Опыт использования мобильной лаборатории мониторинга и диагностики в Социалистической Республике Вьетнам. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2022; 3:90–4. DOI: 10.21055/0370-1069-2022-3-90-94.
2. Попов Н.В., Карнауков И.Г., Кузнецов А.А., Матросов А.Н., Иванова А.В., Марцоха К.С., Куклев Е.В., Корзун В.М., Вержуцкий Д.Б., Чипанин Е.В., Холин А.В., Лопатин А.А., Дубянский В.М., Ашибокон У.М., Газиева А.Ю., Кутырев И.В., Балахонов С.В., Куличенко А.Н., Кутырев В.В. Эпидемиологическая ситуация по чуме в мире. Прогноз эпизоотической активности природных очагов чумы Российской Федерации на 2024 г. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2024; 1:67–75. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-1-67-75.
3. Бугоркова С.А., Кудрявцева О.М., Морозов К.М., Шарова И.Н., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Мобильная лаборатория для проведения иммунологического мониторинга. Патент РФ № 2786711, опубл. 26.12.2022. Бюл. № 36.
4. Витязева С.А., Балахонов С.В., Дубровина В.И., Марков Е.Ю., Половинкина В.С. Актуальные вопросы совершенствования специфической профилактики чумы и сибирской язвы. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2013; 4:63–6.
5. Дентовская С.В., Копылов П.Х., Иванов С.А., Агеев С.А., Анисимов А.П. Молекулярные основы вакцинопрофилактики чумы. *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. 2013; 28(3):3–12. DOI: 10.3103/S089141681303004X.
6. Медунитын Н.В. Проблемы коррекции иммунитета при вакцинации. *Иммунология*. 2017; 38(3):148–54. DOI: 10.18821/0206-4952-2017-38-3-148-154.
7. Фирстова В.В., Дятлов И.А., Караулов А.В. Иммунологические аспекты чумы. *Иммунология*. 2016; 37(1):61–3. DOI: 10.18821/0206-4952-2016-37-1-61-63.
8. Бугоркова С.А., Шуковская Т.Н., Микшиш Н.И., Ключева С.Н., Кудрявцева О.М., Кравцов А.Л., Гончарова А.Ю., Кожевников В.А., Санджиев Д.Н., Конушева С.В., Савченко С.П., Бембеева Е.С., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Комплексное иммунологическое исследование вакцинированных живой чумной вакциной лиц, проживающих на территории Прикаспийского песчаного очага чумы в Республике Калмыкия. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2018; 17(3):38–50. DOI: 10.31631/2073-3046-2018-17-3-38-50.
9. Sagiyeв Z., Berdibekov A., Bolger T., Merekenova A., Ashirova S., Nurgozhin Z., Dalibayev Zh. Human response to live plague vaccine EV, Almaty region, Kazakhstan, 2014–2015. *PLoS One*. 2019; 14(6):e0218366. DOI: 10.1371/journal.pone.0218366.
10. Иозефович О.В. Вакцинопрофилактика во время пандемии COVID-19. Специфическая профилактика коронавирусной инфекции. *Педиатрия*. 2020; 99(6):172–7. DOI: 10.24110/0031-403X-2020-99-6-172-177.

**References**

1. Kas'yan Zh.A., Le Thi Lan Anh, Sharova I.N., Vo Viet Cuong, Oglođin E.G., Trinh Van Toan, Golubev S.N., Proskuryakova M.V., Bui Thi Lan Anh, Hoang Duc Hau, Dang Thi Viet Huong, Pham Thi Ha Giang, Duong Van Nghia, Bui Thi Thanh Nga, Lyapin M.N., Shcherbakova S.A. [Experience in using mobile laboratory for monitoring and diagnostics in the Socialist Republic of Vietnam].

2. Popov N.V., Karnaukhov I.G., Kuznetsov A.A., Matrosov A.N., Ivanova A.V., Martsokha K.S., Kuklev E.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., Balakhonov S.V., Kulichenko A.N., Kutyrev V.V. [Epidemiological situation on plague around the world. Forecast of epizootic activity of natural plague foci in the Russian Federation for 2024]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2024; (1):67–75. DOI: 10.21055/0370-1069-2024-1-67-75.
3. Bugorkova S.A., Kudryavtseva O.M., Morozov K.M., Sharova I.N., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. [Mobile laboratory for immunological monitoring]. RF Patent No. 2786711, publ. 26.12.2022. Bull. No. 36.
4. Vityazeva S.A., Balakhonov S.V., Dubrovina V.I., Markov E.Yu., Polovinkina V.S. [Actual problems of plague and anthrax prevention improvement]. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika [Epidemiology and Vaccinal Prevention]*. 2013; (4):63–6.
5. Dentovskaya S.V., Kopylov P.K., Ivanov S.A., Ageev S.A., Anisimov A.P. [Molecular bases of vaccine-prevention of plague]. *Molekulyarnaya Genetika, Mikrobiologiya i Virusologiya [Molecular Genetics, Microbiology and Virology]*. 2013; (3):3–12. DOI: 10.3103/S089141681303004X.
6. Medunitsyn N.V. [The problem of correction of immunity in vaccination center of expertise of medical application]. *Immunologiya [Immunology]*. 2017; 38(3):148–54. DOI: 10.18821/0206-4952-2017-38-3-148-154.
7. Firsova V.V., Dyatlov I.A., Karaulov A.V. [Plague immunological aspects]. *Immunologiya [Immunology]*. 2016; 37(1):61–3. DOI: 10.18821/0206-4952-2016-37-1-61-63.
8. Bugorkova S.A., Shchukovskaya T.N., Mikishis N.I., Klyueva S.N., Kudryavtseva O.M., Kravtsov A.L., Goncharova A.Yu., Kozhevnikov V.A., Sandzhiev D.N., Konusheva S.V., Savchenko S.P., Bembeyeva E.S., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. [Comprehensive immunological study of persons vaccinated with live plague vaccine living on the territory of the Pre-Caspian sand foci of the plague in the Republic of Kalmykia]. *Epidemiologiya i Vaksino profilaktika [Epidemiology and Vaccinal Prevention]*. 2018; 17(3):38–50. DOI: 10.31631/2073-3046-2018-17-3-38-50.
9. Sagiyeв Z., Berdibekov A., Bolger T., Merekenova A., Ashirova S., Nurgozhin Z., Dalibayev Zh. Human response to live plague vaccine EV, Almaty region, Kazakhstan, 2014–2015. *PLoS One*. 2019; 14(6):e0218366. DOI: 10.1371/journal.pone.0218366.
10. Iozefovich O.V. [Vaccine prophylaxis during the COVID-19 pandemic. Specific prevention of coronavirus infection]. *Pediatriya [Pediatrics]*. 2020; 99(6):172–7. DOI: 10.24110/0031-403X-2020-99-6-172-177.

**Authors:**

Bugorkova S.A., Kudryavtseva O.M., Shcherbakova S.A., Kutyrev V.V. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

**Об авторах:**

Бугоркова С.А., Кудрявцева О.М., Щербакова С.А., Кутырев В.В. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrapi@microbe.ru.