КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ
DOI: https://doi.org/10.36233/0507-4088-332
© ЕРШ А.В., ПОЛТАВЧЕНКО А.Г., УШКАЛЕНКО Н.Д., ФИЛАТОВ П.В., ТИТОВА К.А., ОДНОШЕВСКИЙ Д.А., СЕРГЕЕВ АЛ. А., СЕРГЕЕВ А.А., 2025

Выявление высокопатогенных ортопоксвирусов (*Poxviridae*: *Chordopoxvirinae*: *Orthopoxvirus*) методом дот-иммуноанализа в условиях лаборатории с высоким уровнем биологической защиты

Ерш А.В., Полтавченко А.Г., Ушкаленко Н.Д., Филатов П.В.✉, Титова К.А., Одношевский Д.А., Сергеев Ал.А., Сергеев А.А.

ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 630559, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия

Резюме
Введение. Высокопатогенные для человека ортопоксвирусы (ОПВ) – вирусы натуральной оспы (VARV) и оспы обезьян (MPXV) – могут вызывать системные заболевания, характеризующиеся высокой контагиозностью и нередко приводящие к смерти. В предыдущих публикациях (https://doi.org/10.3390/v14112580) мы сообщали о разработке чувствительного, быстрого и простого в использовании иммунохимического теста, потенциально пригодного для применения в очаге инфекции и в условиях лаборатории с высоким уровнем биозащиты. Прототип диагностического набора был протестирован на непатогенных и малопатогенных для человека ОПВ и специфически выявлял их с чувствительностью в диапазоне от 10^3 до 10^4 БОЕ/мл.
Цель работы – оценка чувствительности разработанного иммунохимического теста при выявлении высокопатогенных для человека MPXV и VARV, а также применимости анализа в лаборатории с высоким уровнем биологической безопасности (BSL-4).
Материалы и методы. Методом одностадийного дот-иммуноанализа в условиях лаборатории с уровнем биобезопасности BSL4 оценивали эффективность выявления вирусов в криолизатах образцов культуры клеток CV-1, инфицированных VARV и MPXV.
Результаты. Показано, что одностадийный дот-анализ позволяет обнаруживать MPXV в концентрации $2{,}5 \times 10^3$ БОЕ/мл, а VARV в концентрации $1{,}0 \times 10^4$ БОЕ/мл. Отмечено, что пары дезинфектантов (перекись водорода или формальдегид), используемых для обработки изолирующего бокса, могут влиять на эффективность проявления результатов анализа.
Заключение. Одностадийный дот-иммуноанализ может быть выполнен в лаборатории BSL-4. При ограничении контакта проявляющей системы с парами формальдегида чувствительность теста при выявлении VARV и MPXV укладывается в ранее заявленный диапазон 10^3–10^4 БОЕ/мл.

Ключевые слова: *вирус натуральной оспы; вирус оспы обезьян; выявление; дот-иммуноанализ*

Для цитирования: Ерш А.В., Полтавченко А.Г., Ушкаленко Н.Д., Филатов П.В., Титова К.А., Одношевский Д.А., Сергеев Ал.А., Сергеев А.А. Выявление высокопатогенных ортопоксвирусов (*Poxviridae*: *Chordopoxvirinae*: *Orthopoxvirus*) методом дот-иммуноанализа в условиях лаборатории с высоким уровнем биологической защиты. *Вопросы вирусологии*. 2025; 70(4): 388–392. DOI: https://doi.org/10.36233/0507-4088-332 EDN: https://elibrary.ru/emfnak

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.
Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

SHORT COMMUNICATION
DOI: https://doi.org/10.36233/0507-4088-332

Detection of highly pathogenic orthopoxviruses (*Poxviridae*: *Chordopoxvirinae*: *Orthopoxvirus*) by dot immunoassay in a high-containment biological safety laboratory

Anna V. Ersh, Alexander G. Poltavchenko, Nikita D. Ushkalenko, Pavel V. Filatov✉, Ksenia A. Titova, Dmitrii A. Odnoshevsky, Alexander A. Sergeev, Artemiy A. Sergeev

State Scientific Center of Virology and Biotechnology «Vector», Kol'tsovo, Novosibirsk Region, Russia

Abstract
Introduction. Highly pathogenic for humans orthopoxviruses (OPV) – *Variola virus* (VARV) and *Monkeypox virus* (MPXV) can cause systemic diseases characterized by high contagiousness and often leading to death. In previous publications (https://doi.org/10.3390/v14112580), we reported on the development of a sensitive, rapid and easy-to-use immunochemical test potentially suitable for use in the infection foci and in laboratory conditions with a high level of biosecurity. The prototype of the diagnostic kit was tested on non-pathogenic and low-pathogenic for humans OPV and specifically detected them with a sensitivity within the range of 10^3 to 10^4 PFU/mL.
The aim of this work was to evaluate the sensitivity of this assay in detecting highly pathogenic for humans MPXV and VARV, as well as the applicability of the assay in a laboratory with a high level of biosafety (BSL-4).
Materials and methods. The efficiency of virus detection in cryolysates of CV-1 cell culture samples infected with VARV and MPXV was assessed using a one-step dot immunoassay method in a laboratory with biosafety level BSL-4.
Results. It was shown that the one-step dot assay allows detection of MPXV at a concentration of 2.5×10^3 PFU/mL, and VARV at a concentration of 1.0×10^4 PFU/mL. It was noted that vapors from disinfectants (hydrogen peroxide/formaldehyde) applied in biosafety cabinet decontamination may interfere with assay performance and affect result interpretation.
Conclusion. The one-step dot immunoassay can be performed in a BSL-4 laboratory. When limiting the contact of the detecting system with formaldehyde vapors, the sensitivity of the test for detection of VARV and MPXV falls within the previously declared range of 10^3–10^4 PFU/mL.

Keywords: *smallpox virus; monkeypox virus; detection; dot immunoassay*

For citation: Ersh A.V., Poltavchenko A.G., Ushkalenko N.D., Filatov P.V., Titova K.A., Odnoshevsky D.A., Sergeev Al.A., Sergeev A.A. Detection of highly pathogenic orthopoxviruses (*Poxviridae*: *Chordopoxvirinae*: *Orthopoxvirus*) by dot immunoassay in a high-containment biological safety laboratory. *Problems of Virology* (*Voprosy Virusologii*). 2025; 70(4):388–392 (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36233/0507-4088-332 EDN: https://elibrary.ru/emfnak

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.
Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Введение

Род *Orthopoxvirus* подсемейства *Chordopoxvirinae* семейства Poxviridae включает 2 вида особо патогенных для человека вирусов: вирус натуральной оспы – *Variola virus* (VARV) и вирус оспы обезьян – *Monkeypox virus* (MPXV)[1]. Эти вирусы высококонтагиозны, устойчивы к внешним факторам среды и имеют разные пути передачи.

Инфицирование VARV и MPXV приводит к системным заболеваниям с острым течением и нередко с летальным исходом [1–3]. VARV был ликвидирован в результате массовой вакцинации, но невозможно исключить преднамеренное использование его штаммов против населения, а также распространение этого вируса из районов вечной мерзлоты с останками умерших от оспы [4, 5]. MPXV угрожает жизни людей не только в эндемичных регионах Африки, но в последнее время все чаще за их пределами [3, 6].

В системе противодействия патогенным ортопоксвирусам (ОПВ) ключевое значение имеет раннее выявление эпидемической угрозы, поскольку именно от этого зависит оперативность и эффективность реализации противоэпидемических мероприятий [2, 6]. С учетом высокой контагиозности исследуемых образцов, лабораторная диагностика должна проводиться в лаборатории с высоким уровнем биологической защиты (Biosafety Level 4, BSL-4) либо непосредственно в условиях очага инфекции. В том и другом случае выполнение диагностических процедур сопряжено с рядом ограничений в аппаратурном оснащении и маневренностью при проведении

[1]Genus: Orthopoxvirus | ICTV [Internet]. International Committee on Taxonomy of Viruses. Доступно по: https://ictv.global/report/chapter/poxviridae/poxviridae/orthopoxvirus (дата обращения 11 мая 2025).

манипуляций в средствах индивидуальной защиты [7, 8]. Таким образом, в условиях BSL-4 применение технологий полимеразной цепной реакции (ПЦР) или иммуноферментного анализа ограничено необходимостью использования дорогостоящего оборудования и сложных манипуляций [9].

Иммунохимические методы обладают меньшей чувствительностью по сравнению с ПЦР и не позволяют дифференцировать виды ОПВ, поскольку внутри рода антигенные детерминанты этих вирусов обладают выраженной степенью гомологии. Однако в сочетании с анамнестическими данными и клиническими симптомами они позволяют поставить предварительной диагноз заражения высокопатогенными видами ОВП и принять необходимые противоэпидемические меры. В то же время иммунохимические методы менее прихотливы к условиям анализа, относительно просты и оперативны в исполнении. Известны иммунохимические тесты, которые могут выполняться в полевых условиях за короткий период, но они не обладают достаточной чувствительностью [9, 10]. Таким образом, методы детекции ОПВ требуют усовершенствования в отношении повышения чувствительности, оперативности получения результатов и простоты выполнения анализа, позволяющей использовать тест непосредственно в очаге заражения или в условиях технических ограничений лаборатории с высоким уровнем биологической защиты.

Ранее нами был описан метод одностадийного дот-иммуноанализа на белковых матрицах для детекции ОПВ во внелабораторных условиях [11]. Созданные на его основе наборы реагентов автономны, содержат встроенные контроли, отличаются простотой применения, быстротой выполнения (до 35 мин) и возможностью надежной визуальной оценки результатов. Испытания наборов с использованием слабопатогенных и непатогенных для человека вирусов осповакцины, оспы коров и эктромелии показало, что они обеспечивают специфичность на уровне рода и чувствительность в диапазоне от 10^4 до 10^3 БОЕ/мл [11].

Целью данной работы являлась оценка чувствительности набора реагентов, созданного на основе разработанного иммунохимического теста, при обнаружении высокопатогенных для человека MPXV и VARV, а также применимости теста в лаборатории с высоким уровнем биологической безопасности (BSL-4).

Материалы и методы

Вирусы

Использовали следующие вирусы: VARV – вирус натуральной оспы (*Variola virus*), штамм Ind-3a, исходный титр $8{,}0 \times 10^6$ БОЕ/мл; MPXV – вирус оспы обезьян (*Monkeypox virus*), штамм V79-1-005, исходный титр $4{,}0 \times 10^6$ БОЕ/мл; VACV – вирус осповакцины (*Vaccinia virus*), штамм LIVP, исходный титр $8{,}5 \times 10^6$ БОЕ/мл.

Титрование вирусов на культуре клеток Vero проводили в соответствии с ранее описанными процедурами [11]. Все вирусы использовали в виде криолизатов инфицированных клеток, освобожденных от клеточного дебриса низкоскоростным центрифугированием. Все эксперименты с живыми VARV (работы проводились в 2023 г. после одобрения и согласия Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)) и MPXV выполняли в лаборатории уровня BSL-4 в Сотрудничающем центре ВОЗ по диагностике ортопоксвирусных инфекций и музее штаммов и ДНК вируса оспы с соблюдением всех операционных процедур.

Антитела

Использовали следующие антитела: АТ а/РОХ – поликлональные антитела из сыворотки кролика, иммунизированного VACV, штамм LIVP (получение сыворотки и выделение из нее антител методом осаждения сульфатом аммония описаны ранее [1]); АТ НКС – антитела из сыворотки не иммунизированного кролика, выделенные осаждением сульфатом аммония.

Конъюгат коллоидного золота с АТ а/РОХ

Получение золя золота (20 нм), определение дозы нагрузки золя антителами АТ а/РОХ, проведение нагрузки золя, стабилизацию и очистку конъюгата выполняли, как описано ранее [11].

Набор для выявления ортопоксвирусов

Набор содержал белковые матрицы и аналитические ванны. Белковые матрицы представляли собой подложки из синтетической бумаги с иммобилизованными в виде отдельных точек реагентами захвата: АТ а/РОХ (тестовая точка), АТ НКС (точка негативного контроля) и инактивированный VACV (точка позитивного контроля). Аналитические ванны содержали наборы ячеек с компонентами иммунологической реакции, герметизированные укрывным материалом. Полный состав набора и способы изготовления его элементов приведены в предыдущей публикации [11].

Дот-иммуноанализ

Одностадийный дот-анализ выполняли в аналитических ваннах в течение 35 мин при температуре 20–25 °C в растворе конъюгата объемом 400 мкл, с разведением образца 1 : 20. Общая схема и описание отдельных этапов анализа приведены в предыдущей работе [11].

Результаты

Эксперименты по оценке чувствительности выявления VARV проводили дважды с двумя параллельными постановками анализа, а по оценке чувствительности выявления MPXV – двумя независимыми группами исследователей в двух постановках. Во всех случаях были получены сходные результаты. При выявлении VARV максимальный фактор разведения составил 1/800, а лимит определения – $1{,}0 \times 10^4$ БОЕ/мл, а при выявлении MPXV – 1/1600 и $2{,}5 \times 10^3$ БОЕ/мл соответственно.

Обсуждение

В настоящей работе представлены результаты отложенного по техническим причинам (согласование с ВОЗ) этапа разработки метода индикации ОПВ,

касающегося оценки характеристик метода при выявлении высокопатогенных для человека видов ОПВ в условиях лаборатории с высоким уровнем биологической защиты (BSL-4). Метод представляет собой одностадийный дот-иммуноанализ на плоских белковых матрицах с использованием поликлональных кроличьих антител, связанных с коллоидным золотом, и золото-серебряного проявления. Результаты исследований с использованием слабопатогенных и непатогенных ОПВ, приведенные в предшествующей публикации [11], показали, что метод позволяет в течение 35 мин при комнатной температуре выявлять ОПВ в неочищенных вирусных препаратах и клинических материалах с пределом обнаружения в диапазоне 10^4–10^3 БОЕ/мл. Метод предполагает визуальный учет с несложной интерпретацией результатов анализа, прост в постановке, не проявляет реактивности в отношении возбудителей других эритематозных заболеваний и может использоваться для детекции ОПВ непосредственно в очаге инфекции

Для определения чувствительности детекции особо опасных ОПВ готовили серии двукратных разведений VARV и MPXV в ячейках аналитической ванны, заполненных рабочим разведением конъюгата, погружали белковые матрицы в полученные смеси и инкубировали 25 мин при 25 °C. Далее выполняли отмывки, проявление матриц и визуальный учет результатов. За лимит определения принимали максимальный фактор разведения исходного титра вируса, при котором достоверно определяется положительный результат анализа.

Проявитель в составе набора был представлен в виде двух компонентов: сухого – таблетка, содержащая метол и лимонную кислоту в соотношении 3 : 5, и жидкого – 0,4% раствор нитрата серебра в очищенной воде. Таблетки помещали в определенный ряд ячеек аналитической ванны, а жидкий компонент входил в состав набора в отдельном флаконе. Описанная ранее схема подготовки проявителя предусматривает вскрытие ячеек с таблетками и внесение в них по 200 мкл очищенной воды до начала выполнения анализа (для полного растворения таблеток). Жидкий компонент вносят в эти ячейки в объеме 200 мкл непосредственно перед проявлением. Полученный проявитель стабилен не менее 10 мин, но малейшие посторонние примеси могут спровоцировать его дестабилизацию с выпадением серебра в осадок. Эксперименты показали, что длительное воздействие паров дезинфектантов (таких, как перекись водорода или формальдегид), используемых для обработки внутренних поверхностей в изоляционных камерах, может привести к реакциям, ухудшающим качество проявителя, вызывая неравномерное проявление тестовых и контрольных пятен на белковых матрицах. Рекомендовано производить вскрытие ячеек с таблетками сухой смеси и внесение в них воды до помещения диагностического набора в изолирующий бокс. Полученный раствор метола и лимонной кислоты стабилен не менее 12 ч, что достаточно для выполнения всех операций по подготовке и проведению эксперимента. Для изоляции этого раствора от паров дезинфектантов подготовленные ячейки необходимо герметизировать лабораторной пленкой Parafilm. Непосредственно перед проявлением пленку удаляют и вносят в ячейки раствор нитрата серебра. При таком подходе воздействие дезинфектанта на проявитель ограничено 8–10 мин, что значительно улучшает процесс проявления. Приведенные выше результаты достигнуты с использованием описанной модификации метода.

Заключение

Дот-иммуноанализ на плоских белковых матрицах может выполняться в условиях лаборатории с высоким уровнем биологической защиты, но требует адаптации методики, обусловленной необходимостью минимизации времени контакта реагентов с парами дезинфектантов, применяемых при текущей обработке изолирующих боксов.

С использованием модифицированной методики лимит определения вирусов VARV и MPXV в исследованных образцах составил $1{,}0 \times 10^4$ и $2{,}5 \times 10^3$ БОЕ/мл соответственно, что соответствует заявленному ранее [11] диапазону чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Buller R.M.L. Poxviruses. In: Cohen J., Powderly W.G., Opal S.M., eds. *Infectious Diseases. Volume 2*. Elsevier; 2017: 1452–7.e1.
2. Shchelkunova G.A., Shchelkunov S.N. Smallpox, monkeypox and other human orthopoxvirus infections. *Viruses*. 2022; 15(1): 103. https://doi.org/10.3390/v15010103
3. Sklenovská N. Monkeypox virus. In: Malik Y.S., Singh R.K., Dhama K., eds. *Livestock Diseases and Management*. Springer; 2020: 39–68.
4. Whitley R.J. Smallpox: a potential agent of bioterrorism. *Antiviral. Res*. 2003; 57(1-2): 7–12. https://doi.org/10.1016/s0166-3542(02)00195-x
5. Wallin A., Luksiene Z., Zagminas K., Surkiene G. Public health and bioterrorism: renewed threat of anthrax and smallpox. *Medicina (Kaunas)*. 2007; 43(4): 278–84.
6. Harapan H., Ophinni Y., Megawati D., Frediansyah A., Mamada S.S., Salampe M., et al. Monkeypox: a comprehensive review. *Viruses*. 2022; 14(10): 2155. https://doi.org/10.3390/v14102155
7. Shurtleff A.C., Garza N., Lackemeyer M., Carrion R. Jr., Griffiths A., Patterson J., et al. The impact of regulations, safety considerations and physical limitations on research progress at maximum biocontainment. *Viruses*. 2012; 4(12): 3932–51. https://doi.org/10.3390/v4123932
8. Bohannon J.K., Janosko K., Holbrook M.R., Barr J., Pusl D., Bollinger L., et al. Safety precautions and operating procedures in an (A)BSL-4 laboratory: 3. Aerobiology. *J. Vis. Exp*. 2016; (116): 53602. https://doi.org/10.3791/53602
9. Townsend M.B., MacNeil A., Reynolds M.G., Hughes C.M., Olson V.A., Damon I.K., et al. Evaluation of the Tetracore Orthopox BioThreat® antigen detection assay using laboratory grown orthopoxviruses and rash illness clinical specimens. *J. Virol. Methods*. 2013; 187(1): 37–42. https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2012.08.023
10. Stern D., Olson V.A., Smith S.K., Pietraszczyk M., Miller L., Miethe P., et al. Rapid and sensitive point-of-care detection of Orthopoxviruses by ABICAP immunofiltration. *Virol. J*. 2016; 13(1): 207. https://doi.org/10.1186/s12985-016-0665-5
11. Ushkalenko N., Ersh A., Sergeev A., Filatov P., Poltavchenko A. Evaluation of rapid dot-immunoassay for detection orthopoxviruses using laboratory-grown viruses and animal's clinical specimens. *Viruses*. 2022; 14(11): 2580. https://doi.org/10.3390/v14112580

Информация об авторах:

Ерш Анна Васильевна – канд. биол. наук, научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: ersh_av@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0002-9220-1250

Полтавченко Александр Георгиевич – д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: poltav@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0003-2408-5611

Ушкаленко Никита Дмитриевич – аспирант, младший научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: ushkalenko_nd@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0002-2171-7444

Филатов Павел Владимирович✉ **–** канд. биол. наук, научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: filatov_pv@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0001-7763-3808

Титова Ксения Александровна – канд. биол. наук, старший научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: titova_ka@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0001-8764-9408

Одношевский Дмитрий Александрович – научный сотрудник ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: odnoshevskiy_da@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0003-0616-7488

Сергеев Александр Александрович – канд. мед. наук, заведующий отделом «Коллекция микроорганизмов» ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: sergeev_ala@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0001-8355-5551

Сергеев Артемий Александрович – д-р мед. наук, зам. генерального директора по научной и эпидемиологической работе ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская область, Россия. E-mail: sergeev_aa@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0002-3591-1571

Участие авторов: Ерш А.В. – проведение исследований; Полтавченко А.Г. – общее руководство, написание текста статьи; Ушкаленко Н.Д. – концепция и дизайн исследования; Филатов П.В. – подготовка исследований, редактирование текста; Титова К.А. – проведение исследований; Одношевский Д.А. – проведение исследований; Сергеев Ал.А.– проведение исследований; Сергеев А.А. – общее руководство, проведение исследований.

Поступила 16.06.2025
Принята в печать 08.08.2025
Опубликована 30.08.2025

Information about the authors:

Anna V. Ersh – PhD (Biology), Researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: ersh_av@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0002-9220-1250

Alexander G. Poltavchenko – Dr.Sci. (Biology), Leading researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: poltav@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0003-2408-5611

Nikita D. Ushkalenko – postgraduate student, Junior researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: ushkalenko_nd@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0002-2171-7444

Pavel V. Filatov✉ **–** PhD (Biology), Researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: filatov_pv@vector.nsc.ru;
https://orcid.org/0000-0001-7763-3808

Ksenia A. Titova – PhD (Biology), Senior researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: titova_ka@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0001-8764-9408

Dmitrii A. Odnoshevsky – Researcher, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: odnoshevskiy_da@vector.nsc.ru; https://orcid.org/0000-0003-0616-7488

Alexander A. Sergeev – PhD (Medicine), Head of the Department «Collection of Microorganisms», State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: sergeev_ala@vector.nsc.ru;
https://orcid.org/0000-0001-8355-5551

Artemiy A. Sergeev – Dr.Sci. (Medicine)Deputy Director General for Scientific and Epidemiological Work, State Research Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: sergeev_aa@vector.nsc.ru;
https://orcid.org/0000-0002-3591-1571

Contribution: Ersh A. – conducting research; Poltavchenko A. – general management, writing the text of the article; Ushkalenko N – concept and design of the study; Filatov P. – research preparation, text editing; Titova K – conducting research; Odnoshevsky D – conducting research; Sergeev Al. – conducting research; Sergeev A. – general management, conducting research.

Received 16 June 2025
Accepted 08 August 2025
Published 30 August 2025