

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-288>

© НАЙДЕНОВА Е.В., КАРТАШОВ М.Ю., ШУЛЬГИНА И.С., ПЬЯНКОВ С.А., КУЛАГИН М.А., БА М.Б., НУРДИН И., Н'ФАЛЛИ М., КОНОМУ В., ТРАОРЕ М.З., БУМБАЛИ С., КУТЫРЕВ В.В., 2025



Результаты выявления специфических антител класса IgG к возбудителю болезни, вызванной вирусом Эбола (Filoviridae: *Orthoebolavirus*), у жителей Гвинейской Республики после завершения эпидемии

Найденова Е.В.^{1✉}, Карташов М.Ю.², Шульгина И.С.², Пьянков С.А.², Кулагин М.А.¹, Ба М.Б.³, Нурдин И.⁴, Н'Фалли М.⁴, Коному В.⁵, Траоре М.З.³, Бумбали С.⁴, Кутырев В.В.¹

¹ФКУН Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, 410005, г. Саратов, Россия;

²ФБУН «Государственный научный центр вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора, 630559, п.г.т. Кольцово, Новосибирская обл., Россия;

³Исследовательский институт прикладной биологии Гвинеи, г. Киндия, Гвинейская Республика;

⁴Лаборатория вирусных геморрагических лихорадок, г. Конакри, Гвинейская Республика;

⁵Научный клинико-диагностический центр эпидемиологии и микробиологии, г. Киндия, Гвинейская Республика

Резюме

Введение. В 2014–2016 гг. на территории Гвинеи была зарегистрирована эпидемия болезни, вызванной вирусом Эбола (БВВЭ). В 2021 г. случаи БВВЭ в регионе повторились. Важность изучения длительности постинфекционного иммунитета к вирусу Эбола в организме реконвалесцентов обусловлена тем, что после завершения эпидемии эти лица могут являться основными источниками заражения. Один из показателей циркуляции возбудителя на определенной территории – обнаружение специфических иммуноглобулинов класса G (IgG) в сыворотках крови населения.

Цель работы – выявление антител класса IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови переболевших и практически здоровых жителей Гвинейской Республики после завершения эпидемии.

Материалы и методы. Методом иммуноферментного анализа протестированы сыворотки крови 9 пациентов, проходивших лечение в госпитале НКДЦЭМ (г. Киндия, Гвинея), взятые после окончания болезни и до 72 мес после выздоровления, и 3939 проб крови практически здоровых жителей Гвинеи.

Результаты. Антитела класса IgG в сыворотках крови переболевших через месяц после выздоровления выявляли в титре до 1 : 800. К 12 мес уровень антител снизился до 1 : 100 и держался на таком уровне до 48 мес. После 72 мес наблюдений антитела не регистрировались. Из 3939 образцов крови здоровых жителей антитела класса IgG к вирусу Эбола выявлены в 5,6%. Большая часть положительных образцов собрана в Лесной Гвинее (7,7%), а меньшая – в Верхней (4,5%). Максимальное количество позитивных проб выявлено у лиц старше 70 лет (12,3%).

Заключение. В настоящем исследовании высокий уровень постинфекционного иммунитета в сыворотках крови переболевших БВВЭ сохранялся первые 6 мес, что соответствует данным, полученным другими авторами, и не исключает возможность повторного заражения. Самый высокий уровень иммунной прослойки населения зарегистрирован в Лесной Гвинее. Это может свидетельствовать об активной циркуляции возбудителя и постоянном контакте с ним жителей региона, что приводит к эпидемиологическим осложнениям.

Ключевые слова: иммуноглобулины класса IgG; болезнь, вызванная вирусом Эбола; вирус Эбола; иммунная прослойка; Гвинейская Республика; иммуноферментный анализ

Для цитирования: Найденова Е.В., Карташов М.Ю., Шульгина И.С., Пьянков С.А., Кулагин М.А., Ба М.Б., Нурдин И., Н'Фалли М., Коному В., Траоре М.З., Бумбали С., Кутырев В.В. Результаты выявления специфических антител класса IgG к возбудителю болезни, вызванной вирусом Эбола (Filoviridae: *Orthoebolavirus*), у жителей Гвинейской Республики после завершения эпидемии. *Вопросы вирусологии*. 2025; 70(2): 154–163. DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-288> EDN: <https://elibrary.ru/ukfplk>

Финансирование. Исследования проводили в рамках реализации федерального проекта «Санитарный щит – безопасность для здоровья (предупреждение, выявление, реагирование)»: «Экстерриториальный мониторинг инфекционных угроз на базе Центра Всемирной организации здравоохранения по реагированию на эпидемии и сети центров за рубежом – Научно-методическое и практическое взаимодействие на базе Российско-Гвинейского Центра».

Благодарность. Авторский коллектив выражает благодарность за помощь в сборе образцов биологического материала руководству и сотрудникам региональных госпиталей городов Конакри (Conakry), Боке (Boké), Боффа (Boffa), Телимеле (Télimélé), Коя (Coyah), Маму (Mamou), Киндия (Kindia), Лабе (Labé), Нзерекоре (Nzérékoré), Гекеду (Guékédou), Лола (Lola), Сигири (Siguiri), Канкан (Kankan), Даболо (Dabola), Далаба (Dalaba), Пита (Pita), Фарана (Faranah), а также госпиталя НКДЦЭМ (Гвинейская Республика).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Этическое утверждение. Исследование проводилось при добровольном информированном согласии пациентов или законных представителей несовершеннолетних пациентов. Протокол исследования одобрен Этическим комитетом Гвинеи (протокол № 129/CNERS/16 от 31.08.2015).

ORIGINAL STUDY ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-288>

The results of the detection of specific IgG antibodies to Ebola virus (Filoviridae: *Orthoebolavirus*) in residents of the Republic of Guinea after the end of the epidemic

Ekaterina V. Naidenova^{1✉}, Mikhail Yu. Kartashov², Irina S. Shulgina², Stepan A. Pyankov², Maksim A. Kulagin¹, Mamadou B. Bah³, Ibrahim Nourdine⁴, Magassouba N'Faly⁴, Victor Konomou⁵, Mohamed S. Traore³, Sanaba Boumbaly⁴, Vladimir V. Kuttyrev¹

¹Russian Research Anti-Plague Institute «Microbe» of the Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), 410005, Saratov, Russia;

²State Scientific Center of Virology and Biotechnology «Vector» of the Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Wellbeing (Rospotrebnadzor), 630559, Novosibirsk Region, Kol'tsovo, Russia;

³Research Institute of Applied Biology of Guinea, Kindia, Republic of Guinea;

⁴Virological Research Center, Laboratory of Viral Hemorrhagic Fevers of Guinea, Conakry, Republic of Guinea;

⁵Scientific Clinical and Diagnostic Center of Epidemiology and Microbiology, Kindia, Republic of Guinea

Abstract

Introduction. In 2014–2016, an epidemic of Ebola virus disease (EVD) was registered in Guinea. In 2021, EVD cases were repeated in the region. The importance of studying the duration of post-infection immunity to the Ebola virus in the body of convalescents is due to the fact that after the end of the epidemic they can be the main sources of infection. One of the indicators of the pathogen circulation in a certain area is the detection of specific IgG antibodies in the blood sera of the inhabitants.

The aim of the study is to identify IgG immunoglobulins to Ebola virus in the blood sera of reconvalescents and practically healthy residents of the Republic of Guinea after the end of the epidemic.

Materials and methods. The ELISA method was used to test the blood sera of 9 patients treated at the NKDCM hospital (Kindia), collected after the end of the disease and up to 72 months after recovery, and 3939 blood serum samples from practically healthy residents of Guinea.

Results. IgG antibodies in the blood sera of reconvalescents a month after recovery were detected in a titer of up to 1 : 800. By 12 months, the antibody level decreased to 1 : 100 and remained at this level for up to 48 months. After 6 years of observation, no antibodies were registered. Among the 3939 blood samples from healthy residents, IgG immunoglobulins to the Ebola virus were detected in 5.6%. Most of the positive samples were collected in Forest Guinea (7.7%), and a smaller part in Upper Guinea (4.5%). The maximum percentage of positive samples was detected in people over 70 years of age (12.3%).

Conclusion. In our case, it was shown that a high level of post-infection immunity in the blood sera of patients with EVD persists for the first 6 months, this corresponds to the data obtained by other authors, and does not exclude the possibility of re-infection. The highest level of the seroprevalence is registered in Forest Guinea. This indicates the active circulation of the pathogen and the constant contact of the inhabitants of the region with it, which leads to epidemiological complications.

Keywords: *IgG class immunoglobulins; Ebola virus disease; Ebola virus; immune layer; Republic of Guinea; ELISA*

For citation: Naidenova E.V., Kartashov M.Yu., Shulgina I.S., Pyankov S.A., Kulagin M.A., Bah M.B., Nourdine I., N'Fally M., Konomou V., Traore M.S., Boumbaly S., Kuttyrev V.V. The results of the detection of specific IgG antibodies to Ebola virus (Filoviridae: *Orthoebolavirus*) in residents of the Republic of Guinea after the end of the epidemic. *Problems of Virology (Voprosy Virusologii)*. 2025; 70(2): 154–163.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-288> EDN: <https://elibrary.ru/ukfplk>

Funding. The research was conducted within the framework of the Federal Project «Sanitary Shield – Health Safety (Prevention, Detection, Response)»: Extraterritorial Monitoring of Infectious Threats Based on the World Health Organization Center for Epidemic Response and the Network of Centers Abroad – Scientific, Methodological and Practical Interaction Based on the Russian-Guinean Center.

Acknowledgment. The authors would like to thank the management and staff of the regional hospitals of Conakry, Boké, Boffa, Téliélé, Coyah, Mamou, Kindia, Labé, Nzérékoré, Guékédou, Lola, Siguiri, Kankan, Dabola, Dalaba, Pita, Faranah, as well as the hospital of the National Center for Epidemiology and Microbiology (Republic of Guinea) for their assistance in collecting biological material samples.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics approval. The study was conducted with the voluntary informed consent of patients or legal representatives of minor patients. The research protocol was approved by the Ethics Committee of Guinea (Protocol No. 129/CNERS/16 dated 31 August 2015).

Введение

Болезнь, вызванная вирусом Эбола (БВВЭ), или лихорадка Эбола, известна с 1976 г., когда первые документально подтвержденные случаи были зарегистрированы на границе Южного Судана и северного Заира (в настоящее время – Демократическая Республика Конго (ДРК)). В течение последующих десятилетий были зафиксированы периодические вспышки болезни в странах Центральной Африки (ДРК, Судан, Габон, Уганда). Общее количество больных в те годы составило 2433 человека, летальность в среднем – 65% [1, 2].

Ситуация резко изменилась в декабре 2013 г., когда БВВЭ в короткие сроки охватила 3 страны Западной Африки (Гвинея, Либерия, Сьерра-Леоне), где ранее случаев заболевания не было. К 2014 г. вспышка инфекции достигла масштабов эпидемии, которая завершилась только в июне 2016 г. Общее количество больных, выявленных во время этих событий, составило около 28 тыс. человек, более 11 тыс. из которых погибли. При проведении молекулярно-генетических исследований установлено, что вирус Эбола (Filoviridae: *Orthoebolavirus*, *Orthoebolavirus zairense*), явившийся причиной чрезвычайной ситуации международного масштаба, был занесен из Центральной Африки, но пути заноса так и не удалось выяснить¹ [2].

В начале 2021 г. правительство Гвинейской Республики объявило о новой вспышке БВВЭ, зафиксированной на территории страны, когда лабораторными методами было подтверждено 16 случаев, 12 из которых закончились летальным исходом [3, 4]. При изучении генетических последовательностей вируса Эбола, выделенных во время этих событий, было установлено, что их профиль практически не отличается от штаммов, обнаруженных в 2013–2016 гг., и находится с ними в одном филогенетическом кластере. Эти данные позволили сделать предположение о длительной персистенции вируса в организме людей, перенесших БВВЭ [5].

В связи с вышесказанным актуальным является вопрос о длительности полученного иммунитета у переболевших лиц. Необходимость определения сроков циркуляции специфических иммуноглобулинов класса G (IgG) к вирусу Эбола в организме реконвалесцентов подчеркивается тем, что после завершения эпидемии именно эти лица могут являться основными источниками инфекции, сохраняя способность передавать возбудитель с грудным молоком или се-

менной жидкостью [6–8]. Также имеются сведения о повторном инфицировании вирусом Эбола двух пациентов в Конго. Заражение произошло через 11 и через 5 мес после первичного заболевания. Вирусный менингоэнцефалит, который развился у обоих пациентов, привел к летальным исходам. Было высказано предположение, что жизнеспособный вирус мог сохраниться в центральной нервной системе переболевших. В обоих случаях во время повторного заболевания БВВЭ в первые несколько дней после появления клинических признаков инфекции в сыворотке крови и спинномозговой жидкости выявлены специфические антитела класса IgG [9]. Установлена высокая концентрация IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови новорожденных в Либерии, родившихся от матерей, перенесших инфекцию [10].

Исследования, направленные на изучение длительности сохранения специфических антител в сыворотках крови переболевших БВВЭ, проводились в разные годы. При обследовании методом иммуноферментного анализа (ИФА) 29 жителей провинции Кикивит (ДРК), выживших после вспышки инфекции в 1995–1996 гг., было выявлено, что антитела к возбудителю в некоторых случаях сохранялись до 749 сут (срок наблюдения) [11]. Согласно экспериментальным данным, полученным с использованием микрочипа, устойчивые уровни специфических антител IgG к вирусным белкам GP, NP и VP40 в сыворотках крови переболевших БВВЭ сохранялись в течение 14 лет после заражения, но перекрестно реагировали и с другими филловир usernameами, использованными в исследовании [12]. В некоторых работах показано, что часть антител в сыворотке крови пациентов, перенесших БВВЭ, может нейтрализовать живой вирус и через 40 лет после заражения [13]. При массовом обследовании сывороток крови выживших после БВВЭ в Гвинейской Республике с использованием авторского варианта мультиплексного анализа, основанного на технологии Luminex, было показано, что наличие антител класса IgG к одному или нескольким антигенам вируса Эбола сохранялось до 60 мес наблюдения, хотя примерно у 25% исследованных лиц антитела не определялись. Это не исключает возможность снижения иммунитета населения и возникновения новых вспышек болезни в том же регионе [14]. Однако четких данных об уровне специфических антител, способном обеспечить защиту от последующих заражений ранее переболевших лиц, в доступных источниках найти не удалось.

Также известно, что одним из показателей циркуляции возбудителя на определенной территории является выявление антител класса IgG к возбудителю в сыворотках крови лиц, проживающих в данной местности. В разные периоды времени были проведены исследования по изучению иммунной прослойки

¹Health worker Ebola infections in Guinea, Liberia and Sierra Leone Preliminary report. WHO/EVD/SDS/REPORT/2015.1 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-EVD-SDS-REPORT-2015.1> (дата обращения 09.11.2024).

населения разных африканских стран к вирусу Эбола.

Например, в период с 1985 по 1987 г. при массовом обследовании жителей стран Центральной Африки (Габон, Камерун, Конго, Центральноафриканская Республика (ЦАР), Чад и Экваториальная Гвинея) с целью выявления специфических антител класса IgG к возбудителям вирусных геморрагических лихорадок, актуальных для данного региона, антитела к вирусу Эбола обнаружены в среднем в 12,4% образцов [15].

В последующие годы проведены еще несколько исследований среди населения стран, где были зафиксированы вспышки БВВЭ (ДРК и Габон) и где случаев заболевания на тот момент зарегистрировано не было (Камерун, ЦАР и Мали) [16–21].

При изучении образцов сывороток крови городских и сельских жителей провинции Киквит (ДРК), доля лиц, у которых были выявлены специфические антитела к вирусу Эбола, составила 2,2 и 9,3% соответственно [17]. С использованием метода ИФА было также проведено масштабное серологическое обследование сельского населения Габонской Республики, специфичные антитела класса IgG в данном случае были обнаружены в 15,3% случаев. Уровень иммунной прослойки оказался значительно выше для жителей лесных районов (19,4%), чем у лиц, проживающих в саванне [18].

Другими авторами с помощью непрямой иммунофлуоресценции было проверено наличие антител к вирусу Эбола у 1517 практически здоровых людей в 5 регионах Камеруна. Положительный результат был получен в 9,7% случаев, что подтверждает циркуляцию вируса в регионе при отсутствии клинических случаев. Самые высокие показатели были зафиксированы среди племен пигмеев, живущих в тропических лесах [20]. При проведении эпидемиологического мониторинга в ЦАР также было показано, что пигмеи имеют значительно более высокую серопревалентность к вирусу Эбола (7,02%), чем представители других этнических групп (4,2%) [20]. Исследования, проведенные в Мали, свидетельствуют о том, что население южной части страны, граничащей с Гвинеей и Кот-д'Ивуаром, также контактирует с представителями филовирюсов (6,1% от общего количества исследованных проб) [21].

Первые данные по изучению иммунной прослойки к возбудителю БВВЭ населения некоторых регионов Гвинеи были начаты в 1982 г. на базе Советско-Гвинейской вирусологической и микробиологической лаборатории. Специфические антитела класса IgG к вирусу Эбола в тот период были обнаружены у 8% местных жителей, что подтверждало возможную циркуляцию возбудителя на данной территории [22, 23]. В 90-е гг. прошлого столетия исследования были прекращены в связи с закрытием лаборатории, и вопрос о распространении вируса Эбола на территории различных регионов Гвинеи так и остался не изученным.

После завершения эпидемии БВВЭ на территории Гвинейской Республики, в ликвидации которой принимали участие и российские специалисты, правительством Российской Федерации было принято решение об открытии Российско-Гвинейского науч-

но-исследовательского центра эпидемиологии и профилактики инфекционных болезней (далее Центр), который функционирует на базе Института прикладной биологии Гвинеи в г. Киндиа (Гвинейская Республика) и имеет разрешение на работу с возбудителями I–II групп патогенности [24]. Исследования по выявлению специфических антител к вирусу Эбола были продолжены на базе лаборатории Центра.

Целью данной работы было выявление специфических антител класса IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови переболевших, а также практически здоровых жителей Гвинейской Республики после завершения эпидемии БВВЭ.

Материалы и методы

Сбор образцов клинического и биологического материала и последующие исследования проводили на базе лаборатории Центра российские и гвинейские специалисты, прошедшие специальную подготовку и имеющие опыт работы с особо опасными вирусами, руководствуясь требованиями санитарных правил и норм СанПиН 3.3686-21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней». Актуальных документов, в соответствии с которыми принято работать с возбудителями особо опасных инфекционных болезней в Гвинее, в настоящее время нет.

Сыворотки крови переболевших лиц и практически здоровых людей были получены в региональных госпиталях Гвинейской Республики местными специалистами. Забор крови производили в утренние часы натошак из локтевой вены в количестве 5–10 мл в одноразовую стерильную вакуумную пробирку с активатором образования сгустка для проведения иммуносерологических исследований и с 3,8% цитратом натрия – для молекулярно-генетических. В последующем образцы доставляли в лабораторию Центра с соблюдением условий биологической безопасности и температурного режима.

С целью изучения напряженности иммунитета после перенесенной БВВЭ был собран клинический материал от 9 пациентов (6 мужчин и 3 женщины) госпиталя Научного клинико-диагностического центра эпидемиологии и микробиологии (НКДЦЭМ) (г. Киндиа, Гвинейская Республика) [24], проходивших лечение в мае–июле 2015 г. Исследуемые лица с подтвержденным диагнозом БВВЭ получали только поддерживающую терапию, никакие экспериментальные препараты и иммунные сыворотки во время острой фазы инфекции не использовались. Образцы крови забирали после выписки пациентов при отсутствии клинических проявлений заболевания и двукратным (с разницей 48 ч) отрицательным результатом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР), а затем через 1, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 60, 72 мес (примерно в одни и те же сроки, с разницей ± 5 сут) после начала заболевания (**табл. 1**). Всего за время проведения эксперимента было исследовано 88 образцов крови, т.к. на последнем этапе работы два участника выбыли.

Таблица 1. Выявление специфических антител класса IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови пациентов госпиталя НКДЦЭМ в разные сроки от начала заболевания

Table 1. Detection of specific IgG antibodies to Ebola virus in the blood sera of patients at the SCDCEM hospital at different times from the onset of the disease

Пол Gender	Возраст (на момент начала заболевания), лет Age (at the time of the onset of the disease), years	Результаты выявления антител в зависимости от сроков наблюдения (месяцы $\pm$ 5 сут) Antibody detection results depending on the time of observation (months $\pm$ 5 days)									
		0*	1	3	6	12	24	36	48	60	72
М	33	1 : 800	1 : 400	1 : 200	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	н.и. / n.i.
М	28	1 : 400	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0	0	0
М	45	1 : 400	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0
М	25	1 : 400	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0
М	30	1 : 800	1 : 800	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0
М	26	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	н.и. / n.i.
Ж / F	30	1 : 800	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0
Ж / F	22	1 : 1600	1 : 1600	1 : 800	1 : 400	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0
Ж / F	49	1 : 400	1 : 400	1 : 400	1 : 200	1 : 100	1 : 100	1 : 100	1 : 100	0	0

Примечание. * – при выписке. Все пациенты с диагнозом БВВЭ, принимавшие участие в исследовании, проходили лечение в госпитале в мае–июле 2015 г.; н.и. – не исследовали.

Note. * – at discharge. All patients diagnosed with EVD who participated in the study were treated at the hospital in May–July 2015; n.t. – not tested.

Для определения уровня иммунной прослойки населения Гвинейской Республики к возбудителю БВВЭ была подготовлена панель из 3939 сывороток крови лиц, проживающих во всех 4 ландшафтно-географических зонах страны, из которых 1953 (49,6%) – женщины, а 1986 (50,4%) – мужчины (табл. 2). Материал для исследования был собран в 2022–2024 гг., т.е. после завершения эпидемии.

Все полученные образцы крови перед началом работы тестировали с помощью ОТ-ПЦР набором реагентов «АмплиСенс EBOV Zaire-FL» (ФБУН ЦНИИЭ, Россия) для выявления РНК вируса Эбола. Во всех случаях был получен отрицательный результат. Для исключения вероятности неспецифических реакций при экспериментальной работе сыворотки также исследовали методом иммунохроматографического анализа для обнаружения антигенов малярийных плазмодиев с применением диагностического препарата SDBIOLINE Malaria Ag P.f./Pan (Standart Diagnostics, Inc., Республика Корея). Образцы, содержащие антигены возбудителей малярии, из последующих исследований исключили.

Сыворотки, полученные от реконвалесцентов, изучали в разведениях от 1 : 100 до 1 : 3200, от практически здоровых лиц – в титре 1 : 100. Исследования проводили методом ИФА для выявления специфических антител класса IgG к вирусу Эбола с использованием набора реагентов «Вектор ИФА Эбола-АТ скрин» (ПУ № РЗН 2015/3458; ГНЦ ВБ «Вектор», Российская Федерация). Диагностическая специфичность и чувствительность препарата была оценена во время эпидемии БВВЭ в Гвинейской Республике. В последующем, после прохождения всех этапов клинических и лабораторных испытаний, набор был официально зарегистрирован [25].

Проведение описываемой научной работы одобрено решением Этического комитета Гвинеи (протокол № 129/CNERS/16 от 31.08.2015). Материал забирали

после подписания взрослыми пациентами информированного согласия, а у несовершеннолетних – после разрешения родителей или законных представителей. Практически здоровые лица, принимавшие участие в исследовании, дополнительно подтверждали, что в 2014–2016 гг. не были инфицированы вирусом Эбола, но не исключали контакт с дикими и домашними животными.

Результаты

В результате работы специфические антитела класса IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови пациентов госпиталя через 1 мес после завершения болезни выявляли в титре от 1 : 200 до 1 : 800. К 12 мес уровень антител во всех образцах снизился до титра 1 : 100 и продолжал держаться до 48 мес, а после 6 лет (72 мес) наблюдений во всех случаях был получен отрицательный результат (табл. 1).

При исследовании 3939 образцов крови от практически здоровых жителей Гвинеи специфические антитела класса IgG к вирусу Эбола были выявлены в 222 случаях, что составило 5,6% (95% ДИ 4,9–6,4%). Из общего количества положительных проб 119 (53,6%) принадлежали мужчинам, а 103 (46,4%) – женщинам. Достоверной зависимости уровня иммунной прослойки от гендерной принадлежности обследованных лиц не выявлено. Максимальный процент позитивных проб был выявлен в возрастной группе лиц старше 70 лет (12,3% (95% ДИ 8,9–16,6%)), а минимальный – у жителей страны в возрасте от 10 до 20 лет (3,2% (95% ДИ 2,0–5,0%)).

Большая часть положительных образцов была собрана на территории Лесной Гвинеи (7,7% (95% ДИ 6,2–9,5%)), где в феврале–апреле 2021 г. отмечалась вспышка БВВЭ [3], а меньшая – в Верхней Гвинее (4,5%) (табл. 2, рисунок). Иммунная прослойка к возбудителю БВВЭ для жителей Средней и Нижней (Приморской) Гвинеи зарегистрирована на уровне 5,5% (95% ДИ 4,3–7,2%) и 4,9% (95% ДИ 3,8–6,3%) соответственно.

Таблица 2. Выявление специфических антител класса IgG к вирусу Эбола в сыворотках крови практически здоровых жителей Гвинейской Республики**Table 2.** Detection of specific IgG class antibodies to the Ebola virus in the blood sera of practically healthy residents of the Republic of Guinea

Возрастная группа (лет) Age group (years old)	Количество образцов; из них положительных; % (95% ДИ) Number of samples; of them positive; % (95% CI)		
	общее количество образцов total number of samples	мужчины men	женщины women
Нижняя (Приморская) Гвинея / Lower (Maritime) Guinea			
< 10	71; 0; 0 (0–5,1)	38; 0; 0 (0–9,1)	33; 0; 0 (0–10,4)
10–20	111; 2; 1,8 (0,5–6,3)	51; 1; 1,9 (0,4–10,3)	60; 1; 1,7 (0,3–8,7)
20–30	246; 8; 3,2 (1,7–6,3)	133; 5; 3,8 (1,6–8,5)	113; 3; 2,6 (0,9–7,5)
30–40	242; 15; 6,2 (3,8–9,9)	112; 9; 8,0 (4,3–14,5)	130; 6; 4,6 (2,1–9,7)
40–50	229; 14; 6,1 (3,7–10,0)	98; 7; 7,1 (3,5–14,0)	131; 7; 5,3 (2,6–10,6)
50–60	122; 8; 6,6 (3,4–12,4)	63; 4; 6,3 (2,5–15,2)	59; 4; 6,8 (2,7–16,1)
> 60	80; 7; 8,7 (4,3–16,9)	33; 3; 9,1 (3,1–23,5)	47; 4; 8,5 (3,4–19,9)
Всего / Total	1101; 54; 4,9 (3,8–6,3)	528; 29; 5,5 (3,8–7,8)	573; 25; 4,7 (3,2–6,8)
Средняя Гвинея / Middle Guinea			
< 10	57; 4; 7,0 (2,7–16,7)	24; 2; 8,3 (2,3–25,8)	33; 2; 6,1 (1,7–19,6)
10–20	123; 9; 7,3 (3,9–13,3)	57; 5; 8,7 (3,8–18,9)	66; 4; 6,1 (2,4–14,5)
20–30	226; 10; 4,4 (2,4–7,9)	101; 5; 4,9 (2,1–11,0)	125; 5; 4,0 (1,7–9,0)
30–40	239; 10 4,2 (2,3–7,5)	110; 6; 5,4 (2,5–11,4)	129; 4; 3,1 (1,2–7,7)
40–50	165; 7; 4,5 (2,2–8,9)	87; 5; 5,7 (2,5–12,7)	78; 2; 2,6 (0,7–8,8)
50–60	101; 7; 6,9 (3,4–13,6)	46; 4; 8,7 (3,4–20,3)	55; 3; 5,4 (1,9–14,8)
> 60	62; 7; 11,3 (5,6–21,5)	37; 4; 10,8 (4,3–24,7)	25; 3; 12,0 (4,2–29,9)
Всего / Total	973; 54; 5,5 (4,3–7,2)	462; 31; 6,7 (4,7–9,3)	511; 23; 4,5 (3,0–6,7)
Верхняя Гвинея / Upper Guinea			
< 10	49; 0; 0 (0–7,2)	28; 0; 0 (0–12,1)	21; 0; 0 (0–15,5)
10–20	128; 0; 0 (0–2,9)	68; 0; 0 (0–5,3)	60; 0; 0 (0–6,0)
20–30	199; 7; 3,5 (1,7–7,1)	102; 3; 2,9 (1,1–8,2)	97; 4; 4,1 (1,6–10,1)
30–40	190; 8; 4,2 (2,1–8,1)	100; 5; 5,0 (2,1–11,2)	90; 3; 3,3 (1,1–9,3)
40–50	188; 11; 5,8 (3,3–10,2)	104; 6; 5,7 (2,7–12,0)	84; 5; 5,9 (2,6–13,1)
50–60	90; 9; 10,0 (5,3–17,9)	51; 4; 7,8 (3,1–18,5)	39; 5; 12,8 (5,6–26,7)
> 60	72; 6; 8,3 (3,9–17,0)	39; 3; 7,7 (2,6–20,3)	33; 3; 9,1 (3,1–23,5)
Всего / Total	916; 41; 4,5 (3,3–6,0)	492; 21; 7,2 (2,8–6,4)	424; 20; 4,7 (3,1–7,1)
Лесная Гвинея / Forest Guinea			
< 10	51; 5; 9,8 (4,3–20,9)	28; 2; 7,1 (1,9–22,6)	23; 3; 13,0 (4,5–32,1)
10–20	200; 7; 3,5 (1,7–7,0)	107; 4; 3,7 (1,4–9,2)	93; 3; 3,2 (1,1–9,0)
20–30	239; 12; 5,0 (2,9–8,6)	129; 6; 4,6 (2,1–9,7)	110; 6; 5,4 (2,5–11,4)
30–40	190; 10; 5,3 (2,9–9,4)	95; 6; 6,3 (2,9–13,1)	95; 4; 4,2 (1,6–10,3)
40–50	72; 8; 11,1 (5,7–20,4)	41; 4; 9,7 (3,8–22,5)	31; 4; 12,9 (5,1–28,8)
50–60	126; 16; 12,7 (7,9–19,6)	68; 9; 13,2 (7,1–23,3)	58; 7; 12,0 (5,9–22,8)
> 60	71; 15; 21,1 (13,2–31,9)	36; 7; 19,4 (9,7–35,0)	35; 8; 22,8 (12,1–39,0)
Всего / Total	949; 73; 7,7 (6,2–9,5)	504; 38; 9,5 (5,5–10,2)	445; 35; 7,8 (5,7–10,7)
Общее по стране / Total by country			
< 10	228; 9; 3,9 (2,1–7,3)	118; 4; 3,4 (1,3–8,4)	110; 5 4,5 (1,9–10,2)
10–20	562; 18; 3,2 (2,0–5,0)	283; 13; 4,6 (2,7–7,7)	279; 5; 1,8 (0,8–4,1)
20–30	910; 37; 4,1 (2,9–5,5)	465; 19; 4,1 (2,6–6,3)	445; 18; 4,0 (2,6–6,3)
30–40	861; 43; 4,9 (3,7–6,7)	417; 24; 5,7 (3,9–8,4)	444; 19; 4,3 (2,8–6,6)
40–50	654; 40; 6,1 (4,5–8,2)	330; 22; 6,7 (4,4–9,8)	324; 18; 5,6 (3,5–8,6)
50–60	439; 40; 9,1 (6,7–12,2)	228; 21; 9,2 (6,1–13,7)	211; 19; 9,0 (5,8–13,6)
> 60	285; 35; 12,3 (8,9–16,6)	145; 17; 11,7 (7,4–17,9)	140; 18; 12,8 (8,3–19,4)
Всего / Total	3939; 222; 5,6 (4,9–6,4)	1986; 119; 6,0 (5,0–7,1)	1953; 103; 5,3 (4,4–6,4)

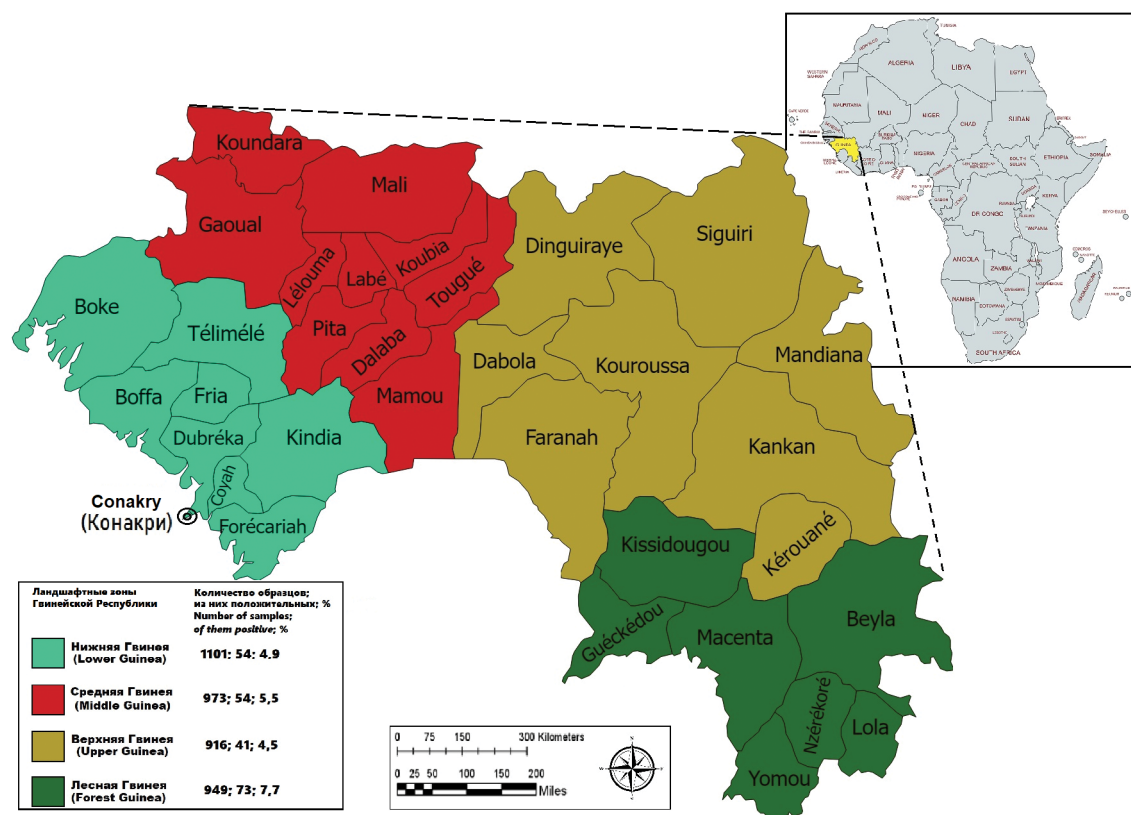


Рисунок. Результаты выявления антител класса IgG к вирусу Эбола у жителей различных ландшафтно-географических зон Гвинеи.

Figure. The results of the detection of IgG antibodies to Ebola virus in residents of various landscape-geographical zones of Guinea.

Обсуждение

Таким образом, в настоящем исследовании было показано, что высокий уровень постинфекционного иммунитета у людей после перенесенной БВВЭ (т.е. при разведении сыворотки крови в титре, превышающем 1 : 100) сохраняется непродолжительное время (в течение первых 6 мес), что соответствует данным, полученным и другими авторами [14], но не исключает возможность повторного заражения в будущем. И, конечно, при проведении исследований такого плана было бы интересно изучить и изменения клеточного иммунитета, что не всегда возможно в имеющихся условиях.

Полученные современные сведения о выявлении специфических антител класса IgG к возбудителю БВВЭ у практически здоровых жителей Гвинейской Республики подтверждают высказанные ранее предположения о распространении вируса Эбола на территории страны [22, 23]. Следует отметить, что наиболее высокий уровень иммунной прослойки населения регистрируется в Лесной Гвинее, и это достоверно выше среднестатистических значений по стране (табл. 2, рисунок). Данная территория географически относится к поясу тропических дождевых лесов, где, по наблюдениям многих авторов, циркуляция вируса Эбола является более активной [17]. Население в большинстве своем ведет оседлый образ жизни, занимается охотой и земледелием. Самый низкий уровень отмечен в Верхней Гвинее, большая

часть которой относится к зоне саванн, где местные жители, ведущие кочевой образ жизни, выпасают крупный и мелкий рогатый скот. Неоднородность иммунной прослойки можно объяснить различием климатических и экологических условий для проживания населения, а также отличающимися основными видами деятельности и методами ведения сельского хозяйства, что, безусловно, повышает риск контакта человека с возбудителем.

По данным ряда авторов, до 27,1% (95% ДИ 14,5–39,6%) случаев заражения вирусом Эбола протекает в виде бессимптомной инфекции [26, 27]. Эти сведения позволяют сделать предположение о более активной циркуляции возбудителя и постоянного контакта с ним у жителей Лесной Гвинеи, что периодически может приводить к эпидемиологическим осложнениям, о чем свидетельствуют события в 2021 г.

Заключение

Полученные в результате настоящей работы данные указывают на необходимость проводить дальнейшие исследования по изучению возможности циркуляции возбудителя БВВЭ на территории Гвинейской Республики, ориентируясь на конкретную местность. Одновременно необходимо продолжать и регулярный эпизоотологический мониторинг с целью выявления возможных видов теплокровных носителей вируса Эбола на территории разных ландшафтно-географических зон Гвинейской Республики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gonzalez J.P., Herbreteau V., Morvan J., Leroy E.M. Ebola virus circulation in Africa: a balance between clinical expression and epidemiological silence. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 2005; 98(3): 210–7.
2. Malvy D., McElroy A.K., de Clerck H., Günther S., van Griensven J. Ebola virus disease. *Lancet.* 2019; 393(10174): 936–48. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)33132-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)33132-5)
3. Keita A.K., Koundouno F.R., Faye M., Dux A., Hinzmann J., Diallo H., et al. Resurgence of Ebola virus in 2021 in Guinea suggests a new paradigm for outbreaks. *Nature.* 2021; 597(7877): 539–43. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03901-9>
4. Pare B.C., Camara A.M., Camara A., Kourouma M., Enogo K., Camara M.S., et al. Ebola outbreak in Guinea, 2021: Clinical care of patients with Ebola virus disease. *S. Afr. J. Infect. Dis.* 2023; 38(1): 454. <https://doi.org/10.4102/sajid.v38i1.454>
5. Kritsky A.A., Keita S., Magassouba N., Krasnov Ya.M., Safronov V.A., Naidenova E.V., et al. Ebola virus disease outbreak in the Republic of Guinea 2021: hypotheses of origin. *bioRxiv*. Preprint. 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.04.23.440924>
6. Лопатин А.А., Найденова Е.В., Сафронов В.А., Раздорский А.С., Уткин Д.В., Касьян Ж.А. и др. Изучение сохранения вируса Эбола в биологических жидкостях пациента на поздних стадиях выздоровления. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2015; (3): 73–6. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2015-3-73-76>
7. Diallo B., Sissoko D., Loman N.J., Bah H.A., Bah H., Worrell M.C., et al. Resurgence of Ebola virus disease in Guinea linked to a survivor with virus persistence in seminal fluid for more than 500 days. *Clin. Infect. Dis.* 2016; 63(10): 1353–6. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw601>
8. Geisbert T.W. Persistence of Ebola virus RNA in seminal fluid. *Lancet Glob. Health.* 2017; 5(1): e12–3. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30336-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30336-9)
9. Mukadi-Bamuleka D., Edidi-Atani F., Morales-Betoulle M.E., Legand A., Nkuba-Ndaye A., Bulabula-Penge J., et al. Fatal meningoencephalitis associated with Ebola virus persistence in two survivors of Ebola virus disease in the Democratic Republic of the Congo: a case report study. *Lancet Microbe.* 2024; 5(10): 100905. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(24\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(24)00137-X)
10. Fallah M.P., Reilly C., Van Ryn C., Badio M., Camanor S.W., Kaler S.G., et al. Pregnancy, pregnancy outcomes, and infant growth and development after recovery from Ebola virus disease in Liberia: an observational cohort study. *Lancet Glob. Health.* 2023; 11(7): e1053–60. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(23\)00210-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00210-3)
11. Baize S., Leroy E.M., Georges-Courbot M.C., Capron M., Lansoud-Soukate J., Debré P., et al. Defective humoral responses and extensive intravascular apoptosis are associated with fatal outcome in Ebola virus-infected patients. *Nat. Med.* 1999; 5(4): 423–6. <https://doi.org/10.1038/7422>
12. Natesan M., Jensen S.M., Keasey S.L., Kamata T., Kuehne A.I., Stonier S.W., et al. Human survivors of disease outbreaks caused by Ebola or Marburg virus exhibit cross-reactive and long-lived antibody responses. *Clin. Vaccine Immunol.* 2016; 23(8): 717–24. <https://doi.org/10.1128/010107-16>
13. Rimoin A.W., Lu K., Bramble M.S., Steffen I., Doshi R.H., Hoff N.A., et al. Ebola virus neutralizing antibodies detectable in survivors of the Yambuku, Zaire outbreak 40 years after infection. *J. Infect. Dis.* 2018; 217(2): 223–31. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix584>
14. Diallo M.S.K., Ayoub A., Keita A.K., Thaurignac G., Sow M.S., Kpamou C., et al. Temporal evolution of the humoral antibody response after Ebola virus disease in Guinea: a 60-month observational prospective cohort study. *Lancet Microbe.* 2021; 2(12): e676–84. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(21\)00170-1](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(21)00170-1)
15. Gonzalez J.P., Josse R., Johnson E.D., Merlin M., Georges A.J., Abandja J., et al. Antibody prevalence against haemorrhagic fever viruses in randomized representative Central African populations. *Res. Virol.* 1989; 140(4): 319–31. [https://doi.org/10.1016/s0923-2516\(89\)80112-8](https://doi.org/10.1016/s0923-2516(89)80112-8)
16. Busico K.M., Marshall K.L., Ksiazek T.G., Roels T.H., Fleerackers Y., Feldmann H., et al. Prevalence of IgG antibodies to Ebola virus in individuals during an Ebola outbreak, Democratic Republic of the Congo, 1995. *J. Infect. Dis.* 1999; 179(Suppl. 1): S102–7. <https://doi.org/10.1086/514309>
17. Rowe A.K., Bertolli J., Khan A.S., Mukunu R., Muyembe-Tamfum J.J., Bressler D., et al. Clinical, virologic, and immunologic follow-up of convalescent Ebola hemorrhagic fever patients and their household contacts, Kikwit, Democratic Republic of the Congo. Commission de Lutte contre les Epidémies à Kikwit. *J. Infect. Dis.* 1999; 179(Suppl. 1): S28–35. <https://doi.org/10.1086/514318>
18. Becquart P., Wauquier N., Mahlaköiv T., Nkoghe D., Padilla C., Souris M., et al. High prevalence of both humoral and cellular immunity to Zaire ebolavirus among rural populations in Gabon. *PLoS One.* 2010; 5(2): e9126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009126>
19. Bouree P., Bergmann J.F. Ebola virus infection in man: a serological and epidemiological survey in the Cameroons. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1983; 32(6): 1465–6. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1983.32.1465>
20. Gonzalez J.P., Nakoune E., Slenczka W., Vidal P., Morvan J.M. Ebola and Marburg virus antibody prevalence in selected populations of the Central African Republic. *Microbes Infect.* 2000; 2(1): 39–44. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(00\)00287-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(00)00287-2)
21. Bane S., Rosenke K., Maiga O., Feldmann F., Meade-White K., Callison J., et al. Ebola virus IgG seroprevalence in Southern Mali. *Emerg. Infect. Dis.* 2021; 27(6): 1681–4. <https://doi.org/10.3201/eid2706.203510>
22. Иванов А.П., Ткаченко Е.А. ван дер Гроен Г., Бутенко А.М., Константинов О.К. Непрямой иммуноферментный метод для лабораторной диагностики геморрагических лихорадок Ласса и Эбола. *Вопросы вирусологии.* 1986; 31(2): 186–90.
23. Бутенко А.М. Ретроспективные данные по изучению лихорадки Эбола в Африке. *Эпидемиология и инфекционные болезни.* 2015; 20(1): 39–43. <https://elibrary.ru/ttmbev>
24. Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Найденова Е.В., Щербакова С.А., Сафронов В.А., Коломоец Е.В. и др. Россия – Гвинея: исторические аспекты научного взаимодействия в области борьбы с опасными инфекционными болезнями. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2024; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2024-3-6-14>
25. Пьянков С.А., Пьянков О.В., Найденова Е.В., Агафонов А.П., Воиго М.У., Солодкий В.В. и др. Опыт использования метода ИФА для выявления антител к вирусу Эбола при работе бригады СПЭБ в Гвинейской Республике. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2016; (3): 71–5. <https://elibrary.ru/xantbd>
26. Dean N.E., Halloran M.E., Yang Y., Longini I.M. Transmissibility and pathogenicity of Ebola virus: a systematic review and meta-analysis of household secondary attack rate and asymptomatic infection. *Clin. Infect. Dis.* 2016; 62(10): 1277–86. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw114>
27. Bower H., Glynn J.R. A systematic review and meta-analysis of seroprevalence surveys of ebolavirus infection. *Sci. Data.* 2017; 4(1): 160133. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.133>

REFERENCES

1. Gonzalez J.P., Herbreteau V., Morvan J., Leroy E.M. Ebola virus circulation in Africa: a balance between clinical expression and epidemiological silence. *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 2005; 98(3): 210–7.
2. Malvy D., McElroy A.K., de Clerck H., Günther S., van Griensven J. Ebola virus disease. *Lancet.* 2019; 393(10174): 936–48. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)33132-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)33132-5)
3. Keita A.K., Koundouno F.R., Faye M., Dux A., Hinzmann J., Diallo H., et al. Resurgence of Ebola virus in 2021 in Guinea suggests a new paradigm for outbreaks. *Nature.* 2021; 597(7877): 539–43. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03901-9>
4. Pare B.C., Camara A.M., Camara A., Kourouma M., Enogo K., Camara M.S., et al. Ebola outbreak in Guinea, 2021: Clinical care of patients with Ebola virus disease. *S. Afr. J. Infect. Dis.* 2023; 38(1): 454. <https://doi.org/10.4102/sajid.v38i1.454>
5. Kritsky A.A., Keita S., Magassouba N., Krasnov Ya.M., Safronov V.A., Naidenova E.V., et al. Ebola virus disease outbreak in the Republic of Guinea 2021: hypotheses of origin. *bioRxiv*. Preprint. 2021. <https://doi.org/10.1101/2021.04.23.440924>
6. Lopatin A.A., Naidenova E.V., Safronov V.A., Razdorsky A.S., Utkin D.V., Kas'yan Zh.A., et al. Studies of Ebola Virus persistence in the Body Fluids of a Patient at Advanced Stages of Convalescence. *Problemy osobo opasnykh infektsii.* 2015; (3): 73–6. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2015-3-73-76> (in Russian)
7. Diallo B., Sissoko D., Loman N.J., Bah H.A., Bah H., Worrell M.C., et al. Resurgence of Ebola virus disease in Guinea linked to a survivor

- with virus persistence in seminal fluid for more than 500 days. *Clin. Infect. Dis.* 2016; 63(10): 1353–6. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw601>
8. Geisbert T.W. Persistence of Ebola virus RNA in seminal fluid. *Lancet Glob. Health.* 2017; 5(1): e12–3. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(16\)30336-9](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(16)30336-9)
 9. Mukadi-Bamuleka D., Edidi-Atani F., Morales-Betoulle M.E., Legand A., Nkuba-Ndaye A., Bulabula-Penge J., et al. Fatal meningoencephalitis associated with Ebola virus persistence in two survivors of Ebola virus disease in the Democratic Republic of the Congo: a case report study. *Lancet Microbe.* 2024; 5(10): 100905. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(24\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(24)00137-X)
 10. Fallah M.P., Reilly C., Van Ryn C., Badio M., Camanor S.W., Kaler S.G., et al. Pregnancy, pregnancy outcomes, and infant growth and development after recovery from Ebola virus disease in Liberia: an observational cohort study. *Lancet Glob. Health.* 2023; 11(7): e1053–60. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(23\)00210-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00210-3)
 11. Baize S., Leroy E.M., Georges-Courbot M.C., Capron M., Lamsoud-Soukate J., Debré P., et al. Defective humoral responses and extensive intravascular apoptosis are associated with fatal outcome in Ebola virus-infected patients. *Nat. Med.* 1999; 5(4): 423–6. <https://doi.org/10.1038/7422>
 12. Natesan M., Jensen S.M., Keasey S.L., Kamata T., Kuehne A.I., Stonier S.W., et al. Human survivors of disease outbreaks caused by Ebola or Marburg virus exhibit cross-reactive and long-lived antibody responses. *Clin. Vaccine Immunol.* 2016; 23(8): 717–24. <https://doi.org/10.1128/010107-16>
 13. Rimoin A.W., Lu K., Bramble M.S., Steffen I., Doshi R.H., Hoff N.A., et al. Ebola virus neutralizing antibodies detectable in survivors of the Yambuku, Zaire outbreak 40 years after infection. *J. Infect. Dis.* 2018; 217(2): 223–31. <https://doi.org/10.1093/infdis/jix584>
 14. Diallo M.S.K., Ayoub A., Keita A.K., Thaurignac G., Sow M.S., Kpamou C., et al. Temporal evolution of the humoral antibody response after Ebola virus disease in Guinea: a 60-month observational prospective cohort study. *Lancet Microbe.* 2021; 2(12): e676–84. [https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(21\)00170-1](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(21)00170-1)
 15. Gonzalez J.P., Josse R., Johnson E.D., Merlin M., Georges A.J., Abandja J., et al. Antibody prevalence against haemorrhagic fever viruses in randomized representative Central African populations. *Res. Virol.* 1989; 140(4): 319–31. [https://doi.org/10.1016/s0923-2516\(89\)80112-8](https://doi.org/10.1016/s0923-2516(89)80112-8)
 16. Busico K.M., Marshall K.L., Ksiazek T.G., Roels T.H., Fleerackers Y., Feldmann H., et al. Prevalence of IgG antibodies to Ebola virus in individuals during an Ebola outbreak, Democratic Republic of the Congo, 1995. *J. Infect. Dis.* 1999; 179(Suppl. 1): S102–7. <https://doi.org/10.1086/514309>
 17. Rowe A.K., Bertolli J., Khan A.S., Mukunu R., Muyembe-Tamfum J.J., Bressler D., et al. Clinical, virologic, and immunologic follow-up of convalescent Ebola hemorrhagic fever patients and their household contacts, Kikwit, Democratic Republic of the Congo. Commission de Lutte contre les Epidémies à Kikwit. *J. Infect. Dis.* 1999; 179(Suppl. 1): S28–35. <https://doi.org/10.1086/514318>
 18. Becquart P., Wauquier N., Mahlaköiv T., Nkoghe D., Padilla C., Souris M., et al. High prevalence of both humoral and cellular immunity to Zaire ebolavirus among rural populations in Gabon. *PLoS One.* 2010; 5(2): e9126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0009126>
 19. Bouree P., Bergmann J.F. Ebola virus infection in man: a serological and epidemiological survey in the Cameroons. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 1983; 32(6): 1465–6. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1983.32.1465>
 20. Gonzalez J.P., Nakoune E., Slenczka W., Vidal P., Morvan J.M. Ebola and Marburg virus antibody prevalence in selected populations of the Central African Republic. *Microbes Infect.* 2000; 2(1): 39–44. [https://doi.org/10.1016/s1286-4579\(00\)00287-2](https://doi.org/10.1016/s1286-4579(00)00287-2)
 21. Bane S., Rosenke K., Maiga O., Feldmann F., Meade-White K., Callison J., et al. Ebola virus IgG seroprevalence in Southern Mali. *Emerg. Infect. Dis.* 2021; 27(6): 1681–4. <https://doi.org/10.3201/eid2706.203510>
 22. Ivanov A.P., Tkachenko E.A., van der Groesen G., Butenko A.M., Konstantinov O.K. Indirect enzyme immunoassay for laboratory diagnosis of hemorrhagic Lassa fever and Ebola. *Voprosy virusologii.* 1986; 31(2): 186–90. (in Russian)
 23. Butenko A.M. Retrospective data on the study of Ebola virus in Africa. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni.* 2015; 20(1): 39–43. <https://elibrary.ru/tmbcv> (in Russian)
 24. Popova A.Yu., Smolensky V.Yu., Naidenova E.V., Shcherbakova S.A., Safronov V.A., Kolomoets E.V., et al. Russia – Guinea: Historical Aspects of Scientific Cooperation in the Fight against Dangerous Infectious Diseases. *Problemy osobo opasnykh infektsii.* 2024; (3): 6–14. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2024-3-6-14> (in Russian)
 25. P'yankov S.A., P'yankov O.V., Naydenova E.V., Agafonov A.P., Boiro M.Y., Solodkiy V.V., et al. Experience of application of the Elisa method for detection of antibodies to Ebola virus during the Saet team work in the Republic of Guinea. *Problemy osobo opasnykh infektsii.* 2016; (3): 71–5. <https://elibrary.ru/xantbd> (in Russian)
 26. Dean N.E., Halloran M.E., Yang Y., Longini I.M. Transmissibility and pathogenicity of Ebola virus: a systematic review and meta-analysis of household secondary attack rate and asymptomatic infection. *Clin. Infect. Dis.* 2016; 62(10): 1277–86. <https://doi.org/10.1093/cid/ciw114>
 27. Bower H., Glynn J.R. A systematic review and meta-analysis of seroprevalence surveys of ebolavirus infection. *Sci. Data.* 2017; 4(1): 160133. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.133>

Информация об авторах:

Найденова Екатерина Владимировна✉ – канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник отдела диагностики инфекционных болезней ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия. E-mail: katim2003@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6474-3696>

Карташов Михаил Юрьевич – канд. биол. наук, старший научный сотрудник отдела флавивирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская обл., Россия. E-mail: Mikkartash@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7857-6822>

Шульгина Ирина Сергеевна – младший научный сотрудник отдела коллекции микроорганизмов ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская обл., Россия. E-mail: Shuigina.is@vector.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6850-338X>

Пьянков Степан Александрович – ведущий научный сотрудник отдела коллекции микроорганизмов ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора, р.п. Кольцово, Новосибирская обл., Россия. E-mail: ryanstep@gmail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6593-6614>

Кулагин Максим Андреевич – младший научный сотрудник отдела диагностики инфекционных болезней ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия. E-mail: rusrapi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6423-1460>

Ба Мамадю Бандикура – научный сотрудник Исследовательского института прикладной биологии Гвинеи, Киндия, Гвинейская Республика. E-mail: boundoukhourabah@gmail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4565-269X>

Нурдин Ибрагим – канд. биол. наук, научный сотрудник, директор лаборатории вирусных геморрагических лихорадок, Конакри, Гвинейская Республика. E-mail: Ibrahimndin@yahoo.fr; <https://orcid.org/0000-0002-2970-9676>

Коному Виктор – главный врач госпиталя Научного клинико-диагностического центра эпидемиологии и микробиологии, Киндия, Гвинейская Республика. E-mail: Saet-64@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0007-5010-0041>

Н'Фалли Магассуба – канд. биол. наук, научный консультант лаборатории вирусных геморрагических лихорадок, г. Конакри, Гвинейская Республика. E-mail: cmagassouba01@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3760-6642>

Траоре Мамед Заар – канд. биол. наук, Генеральный директор Исследовательского института прикладной биологии Гвинеи, Киндия, Гвинейская Республика. E-mail: dg@irbag.edu.gn; <https://orcid.org/0000-0002-3811-8675>

Бумбали Санаба – канд. биол. наук, директор лаборатории вирусных геморрагических лихорадок, Конакри, Гвинейская Республика. E-mail: drboubaly@yahoo.fr; <https://orcid.org/0000-0002-4506-6033>

Кутырев Владимир Викторович – академик РАН, д-р мед. наук, профессор, директор ФКУН Российский противочумный институт «Микроб» Роспотребнадзора, Саратов, Россия. E-mail: rusrapi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3788-3452>

Участие авторов: Найденова Е.В. – концепция, дизайн и проведение исследований, анализ данных, написание текста статьи, оформление результатов и сопроводительных документов; Карташов М.Ю. – проведение исследований, статистическая обработка данных; Шулгина И.С. – проведение исследований; Пьянков С.А. – проведение исследований; Кулагин М.А. – проведение исследований и подготовка иллюстраций; Ба М.Б. – сбор и доставка проб биологического материала, проведение исследований; Нурдин И. – сбор и доставка проб биологического материала, проведение исследований; Коному В. – сбор и доставка проб биологического материала; Н'Фалли М. – сбор и доставка проб биологического материала; Траоре М.З. – руководство отдельными этапами исследований; Бумбали С. – сбор и доставка проб биологического материала, руководство отдельными этапами исследований; Кутырев В.В. – общее руководство работой.

Поступила 14.01.2025

Принята в печать 11.03.2025

Опубликована 30.04.2025

Information about the authors:

Ekaterina V. Naidenova ✉ – PhD (Biology), Leading Researcher at the Department of Diagnostics of Infectious Diseases, Russian Research Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor, Saratov, Russia. E-mail: katim2003@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6474-3696>,

Mikhail Yu. Kartashov – PhD (Biology), Senior Researcher at the Department of Flavivirus Infections of the Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo village, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: Mikkartash@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7857-6822>

Irina S. Shulgina – Junior Researcher at the Collection of Microorganisms Department of the Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo village, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: Shulgina.is@vector.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6850-338X>

Stepan A. Pyankov – Senior Researcher at the Collection of Microorganisms Department of the Center of Virology and Biotechnology «Vector» of Rospotrebnadzor, Koltsovo district, Novosibirsk Region, Russia. E-mail: pyanstep@gmail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6593-6614>

Maxim A. Kulagin – Junior Researcher at the Department of Diagnostics of Infectious Diseases at the Russian Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor, Saratov, Russia. E-mail: rusrapi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6423-1460>

Mamadou B. Bah – Researcher at the Research Institute of Applied Biology Guinea, Kindia, Republic of Guinea. E-mail: boundoukhourabah@gmail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4565-269X>

Ibrahim Nouridine – PhD (Biology), Researcher, Director of the Laboratory of Viral Hemorrhagic Fevers, Conakry, Republic of Guinea. E-mail: Ibrahimndin@yahoo.fr; <https://orcid.org/0000-0002-2970-9676>

Viktor Konomou – Chief Physician of the Hospital of the Scientific Clinical Diagnostic Center of Epidemiology and Microbiology, Kindia, Republic of Guinea. E-mail: Saet-64@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0007-5010-0041>

Magassouba N'Fally – PhD (Biology), Scientific Consultant, Laboratory of Viral Hemorrhagic Fevers, Conakry, Republic of Guinea. E-mail: cmagassouba01@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3760-6642>

Mohamed S. Traore – PhD (Biology), Director General of the Research Institute of Applied Biology of Guinea, Kindia, Republic of Guinea. E-mail: dg@irbag.edu.gn; <https://orcid.org/0000-0002-3811-8675>

Sanaba Boumbaly – PhD (Biology), Director of the Laboratory of Viral Hemorrhagic Fevers, Conakry, Republic of Guinea. E-mail: drboumbaly@yahoo.fr; <https://orcid.org/0000-0002-4506-6033>

Vladimir V. Kutyrev – Dr Sci (Medicine), Academician of the Russian Academy of Sciences, Professor, Director of the Russian Anti-Plague Institute «Microbe» of Rospotrebnadzor, Saratov, Russia. E-mail: rusrapi@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3788-3452>

Contribution: Naidenova E.V. – concept, design and conduct of research, data analysis, writing of the text of the article, registration of results and accompanying documents; Kartashov M.Yu. – conducting research, statistical data processing; Shulgina I.S. – conducting research; Pyankov S.A. – conducting research; Kulagin M.A. – conducting research and preparing illustrations; Bah M.B. – collecting and delivering samples of biological material, conducting research; Nourdin I. – collection and delivery of samples of biological material, conducting research; Konomou V. – collection and delivery of samples of biological material; N'Falli M. – collection and delivery of biological material samples; Traore M.S. – management of individual stages of research; Bali S. Boom – collection and delivery of samples of biological material, management of individual stages of research; Kutyrev V.V. – general management of the work.

Received 14 January 2025

Accepted 11 March 2025

Published 30 April 2025