

УДК 614.3:614.449

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

Эпидемиологический анализ заболеваемости COVID-19 среди населения Республики Камерун с использованием квантовой географической информационной системы (QGIS)

Э.Э.К. Юмба¹, А.А. Кузин¹, А.Е. Зобов¹, Ч.М. Диффи²¹ Военно-медицинская академия, Санкт-Петербург, Россия;² Корпорация по управлению данными и информацией, Яунде, Камерун

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты ретроспективного эпидемиологического анализа заболеваемости COVID-19 по регионам Республики Камерун в динамике с 2020 по 2023 г. Отмечено, что случаи COVID-19 впервые зарегистрированы в Центральном регионе Камеруна, а затем распространились на остальные 9 административных регионов страны со средненедельными темпами прироста в $38,1 \pm 18,6\%$ в 2020 г., $15,3 \pm 13,1\%$ в 2021 г., и $13,4 \pm 12,2\%$ в 2022 г., однако уровень заболеваемости значительно варьировался по времени и территориям. Эпидемиологический анализ позволил ранжировать территорию Камеруна по величине уровня заболеваемости. Самый высокий показатель регистрировался в районах Север ($233,1\%$), Прибрежном ($204,9\%$) и Центр ($173,7\%$). В регионах Адамава и Крайний Север зарегистрированы самые низкие показатели заболеваемости ($25,6\%$ и $22,5\%$ соответственно). Представлены результаты сравнительного анализа заболеваемости COVID-19 по времени и территориям, а также по факторам, способствующим быстрому распространению инфекции по всей территории. Сравнительное картирование зарегистрированных случаев COVID-19 в пространстве и времени выполнено для десяти административных регионов страны с использованием полной версии программы QGIS (квантовая ГИС) LTR, при помощи которой наглядно показано распределение случаев по территории и динамике во времени. В течение периода исследования была продемонстрирована связь между случаями COVID-19, зарегистрированными в Камеруне и соседних африканских странах. Показано, что распределение случаев заболевания на национальной территории не всегда зависит от плотности населения в административных районах, а связано с другими факторами риска, которые могут влиять на возникновение и распространение случаев COVID-19.

Ключевые слова: эпидемиологический анализ; эпидемиологический надзор; COVID-19; геоинформационная система (ГИС); QGIS (квантовая ГИС); Республика Камерун (Камерун).

Как цитировать

Юмба Э.Э.К., Кузин А.А., Зобов А.Е., Диффи Ч.М. Эпидемиологический анализ заболеваемости COVID-19 среди населения Республики Камерун с использованием квантовой географической информационной системы (QGIS) // Известия Российской военно-медицинской академии. 2024. Т. 43. № 3. С. 301–310. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

Epidemiological analysis of the incidence of COVID-19 among the population of the Republic of Cameroon using the quantum Geographic Information System (QGIS)

E.A.C. Youmba¹, Aleksandr A. Kuzin¹, Andrey E. Zobov¹, T.M. Dieffi²¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;² Data and Information Management Corporation, Yaounde, Cameroon

ABSTRACT

The results of a retrospective epidemiological analysis of the incidence of COVID-19 in the regions of the Republic of Cameroon in dynamics from 2020 to 2023 are presented. It was noted that COVID-19 cases were first reported in the Central Region of Cameroon, and then spread to the remaining 9 administrative regions of the country with an average weekly growth rate of $38.1 \pm 18.6\%$ in 2020, $15.3 \pm 13.1\%$ in 2021, and $13.4 \pm 12.2\%$ in 2022, respectively, however, the incidence rate varied significantly in time and space. Epidemiological analysis made it possible to rank the territory of Cameroon by the magnitude of the incidence rate. The highest rate was recorded in the North region (233.1‰), in the Coastal region (204.9‰) and in the Center region (173.7‰). The regions of Adamawa and the Far North had the lowest incidence rates (25.6‰ and 22.5‰, respectively). The results of a comparative analysis of the incidence of COVID-19 infection by time and territory and factors contributing to the rapid spread of infection are presented. Comparative mapping of reported COVID-19 cases in space and time was performed for the 10 administrative regions of the country using the full version of the QGIS (quantum GIS) LTR program; with the help of which the distribution of cases across the territory and dynamics over time was clearly shown. During the study period, the link between COVID-19 cases reported in Cameroon and neighboring African countries was demonstrated. It has been shown that the distribution of cases in the national territory does not always depend on the population density in administrative areas, but is also associated with other risk factors that may affect the occurrence and spread of COVID-19 cases.

Keywords: epidemiological analysis; epidemiological surveillance; COVID-19; geographic information system (GIS); QGIS (quantum GIS); Republic of Cameroon (Cameroon).

To cite this article

Youmba EAC, Kuzin AA, Zobov AE, Dieffi TM. Epidemiological analysis of the incidence of COVID-19 among the population of the Republic of Cameroon using the quantum Geographic Information System (QGIS). *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(3):301–310. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

Received: 25.06.2024

Accepted: 31.07.2024

Published: 30.09.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

利用量子地理信息系统（QGIS）对喀麦隆共和国人口中COVID-19发病率进行流行病学分析

E.A.C. Youmba¹, Aleksandr A. Kuzin¹, Andrey E. Zobov¹, T.M. Dieffi²¹ Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia;² Data and Information Management Corporation, Yaounde, Cameroon

摘要

本文介绍2020年至2023年喀麦隆共和国各地区COVID-19发病率的回顾性流行病学分析结果。指出，COVID-19病例首先在喀麦隆中部地区被发现，然后扩散到该国其余9个行政区，2020年的平均周增长率为 $38.1 \pm 18.6\%$ ，2021年为 $15.3 \pm 13.1\%$ ，2022年为 $13.4 \pm 12.2\%$ ，但不同时间和地区的发病率差异很大。通过流行病学分析，可以根据发病率的大小对喀麦隆领土进行排序。北部地区（233.1‰）、沿海地区（204.9‰）和中部地区（173.7‰）的发病率最高。阿达马瓦和北部边远地区的发病率最低（分别为25.6‰和22.5‰）。本文是按时间和地区，以及按导致感染在整个地区迅速蔓延的因素对COVID-19发病率进行比较分析的结果。利用QGIS（Quantum GIS）LTR程序的完整版，对该国10个行政区域发现的COVID-19病例进行空间和时间比较绘图，清楚地显示了病例在领土上的分布情况和随时间变化的动态。在研究期间，喀麦隆和非洲邻国报告的COVID-19病例之间存在联系。研究表明，病例在国家领土上的分布并不总是取决于行政区域内的人口密度，而是与可能影响COVID-19病例发生和传播的其他风险因素有关。

关键词：流行病学分析；流行病学监测；COVID-19；地理信息系统（GIS）；QGIS（量子GIS）；喀麦隆共和国（喀麦隆）。

To cite this article

Youmba EAC, Kuzin AA, Zobov AE, Dieffi TM. 利用量子地理信息系统（QGIS）对喀麦隆共和国人口中COVID-19发病率进行流行病学分析. *Russian Military Medical Academy Reports*. 2024;43(3):301–310. DOI: <https://doi.org/10.17816/rmmar633791>

Received: 25.06.2024

Accepted: 31.07.2024

Published: 30.09.2024

АКТУАЛЬНОСТЬ

Пандемия новой коронавирусной инфекции, вызванной вирусом SARS-CoV-2 (COVID-19) и начавшаяся в декабре 2019 г. в Китае, стала самым масштабным вызовом человечеству в XXI в. [1, 2]. У большинства людей, заболевших COVID-19, болезнь протекала скрыто либо по типу острого респираторного заболевания легкой или средней степени тяжести. Тяжелая форма заболевания чаще развивалась у пожилых людей и лиц с хроническими заболеваниями [3, 4]. При этом степень тяжести заболевания зависела от разных факторов, в том числе от состояния иммунорезистентности организма [5]. В процессе взаимодействия с человеком вирус мутировал, появлялись новые штаммы, которые требовали совершенствования тактики лечения и иммунопрофилактики [6]. По состоянию на 6 апреля 2021 г. пандемия COVID-19 затронула более 132 млн человек во всем мире, в том числе 45 млн в Африке [7].

Первый случай заражения SARS-CoV-2 зарегистрирован в Камеруне 6 марта 2020 г. [8–10]. По состоянию на 2 мая 2020 г. официально было известно о 2069 случаях заболевания и 61 случае смерти. Однако, согласно другим источникам, эти цифры сильно занижены [9]. Камерун стал третьей страной в Африке к Югу от Сахары, наиболее пострадавшей от новой коронавирусной инфекции после Южной Африки и Буркина-Фасо, и первой в Центральной Африке [11, 12]. Первые очаги пандемического распространения заболеваемости в Камеруне были зафиксированы в городах Яунде и Дуале, впоследствии все 10 регионов страны были охвачены пандемией [9, 13]. По данным Всемирной организации здравоохранения и Министерства здравоохранения Камеруна, общее количество зарегистрированных случаев заболевания по состоянию на май 2023 г. составило 125 074, при этом с начала пандемии зарегистрировано 1974 летальных исхода (коэффициент летальности составил 0,016 %). В период с марта 2020 по март 2022 г. в Камеруне выявлены следующие варианты вируса: альфа, бета, дельта, омикрон, а уже по состоянию на февраль 2022 г. вариант омикрон полностью заменил все предыдущие [14, 15].

Противоэпидемические мероприятия были организованы по четырем направлениям: активное и раннее выявление заболевших с помощью методик всестороннего скрининга, применение мер социального характера, использование дополнительных методов лабораторной и инструментальной диагностики, а также совершенствование форм, методов и документов учета и отчетности [9, 16]. Заболеваемость COVID-19 имела волнообразное течение с регистрируемыми пиками в марте 2020 г., марте и октябре 2021 г., январе и августе 2022 г. [17]. В настоящее время эпидемиологическая ситуация в Камеруне благополучная, но показатели быстрого распространения, высокий уровень заражения и смертности подтверждают глобальную актуальность этой инфекции [18, 19].

Цель исследования — на основе эпидемиологического анализа заболеваемости COVID-19 среди населения Республики Камерун с использованием квантовой географической информационной системы (QGIS) выявить наиболее значимые социальные и природные факторы, обуславливающие региональные эпидемиологические особенности заболеваемости для целей эпидемиологического надзора за COVID-19 и инфекционными заболеваниями в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Общее количество случаев, зарегистрированных с начала пандемии, получено из онлайн-базы данных Управления по борьбе с болезнями, эпидемиями и пандемиями (DLMEP/COUSP) Камеруна. Все случаи COVID-19, зарегистрированные в период с 6 марта 2020 по 28 мая 2023 г., извлечены из Национальной онлайн-базы данных (DHIS2). Демографические данные собраны на уровне Центрального бюро переписи и изучения населения Камеруна (BUCREP), а климатические получены с официального сайта Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды (ERA 5) с 2020 по 2023 г.

Картирование выполнено с использованием программного обеспечения QGIS (квантовая ГИС) версия 3.32.3 Лима длинной версии (LTR). Рассчитан уровень заболеваемости COVID-19 на 1000 населения. Статистическая обработка данных проводилась с использованием программного обеспечения Rstudio версии 200.07.2. Для выявления социально-демографических факторов риска использовался коэффициент корреляции χ^2 , для определения роли климатических факторов использован коэффициент корреляции Пирсона r .

Критерии соответствия

Проанализированные данные соответствовали следующим критериям:

- 1) критерий включения — все зарегистрированные данные о COVID-19 в Камеруне на уровне Центра чрезвычайных операций общественного здравоохранения (CCOUP);
- 2) критерий исключения — неполнота данных после анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На административном уровне Камерун состоит из 10 регионов (соответствующих 10 секторам военного здравоохранения), 58 департаментов, 360 округов, 360 коммун. Общая численность населения оценивалась в 2022 г. в 27,4 млн человек со средней плотностью населения 58,8 человек на км² (BUCREP, 2022).

С марта 2020 по май 2023 г. в Центре чрезвычайных операций общественного здравоохранения (CCOUP) зарегистрирован 123 461 случай заболевания COVID-19

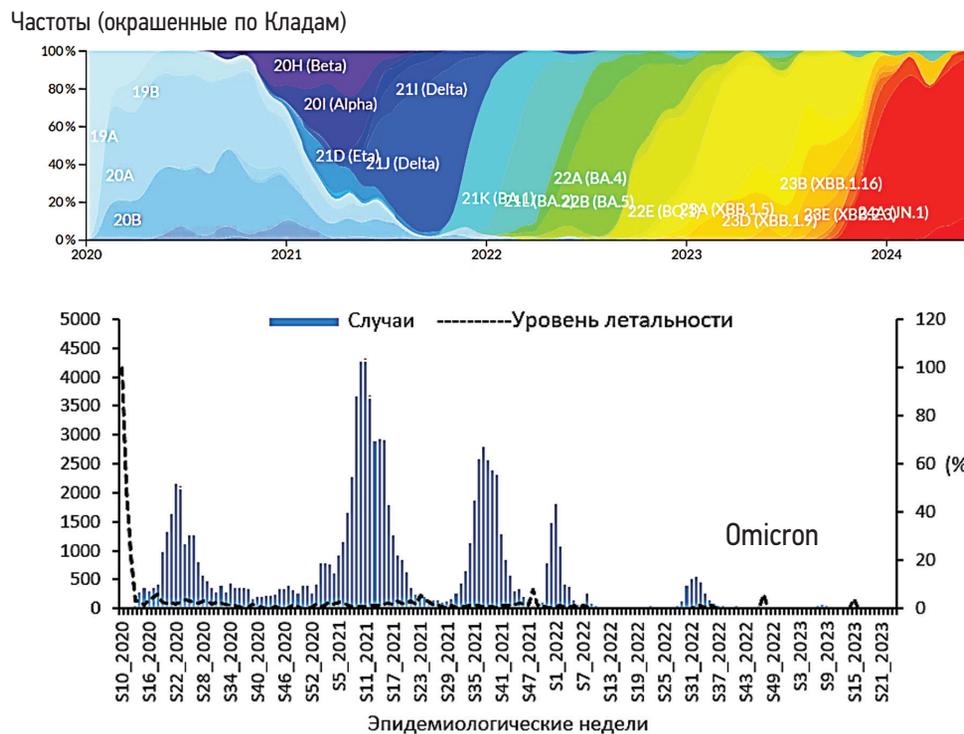


Рис. 1. Распределение случаев заболевания COVID-19 по неделям сравнительно с геновариантом вируса SARS-CoV-2 в Камеруне в 2020–2023 гг.

Fig. 1. Distribution of COVID-19 cases by week compared with the SARS-CoV-2 virus genovariant in Cameroon from 2020 to 2023

(5 пиков эпидемии, самым смертоносным из которых был третий, вызванный генотипом дельта), летальных исходов — 1948 (рис. 1).

В период с марта 2020 по май 2023 г. случаи COVID-19 зарегистрированы во всех десяти регионах Камеруна. Распределение случаев COVID-19 за вышеуказанный период показывает, что в регионах Север и Прибрежный зарегистрированы самые высокие показатели заболеваемости в диапазоне 233,1 ‰ и 204,9 ‰ соответственно. Регион Север преимущественно мусульманский и по состоянию на 2023 г. занимает седьмое место в рейтинге самых густонаселенных. Кроме того, северные провинции Камеруна, расположенные в Судано-Сахелианской зоне, являются крупными животноводческими районами и находятся на стыке рынков Нигерии и потребительских бассейнов Юга [20]. Регион Прибрежный считается экономической столицей страны и занимает первое место по плотности населения в 2023 г. Самые низкие показатели заболеваемости (22,5 ‰) зафиксированы в регионе Крайний Север, который также относится к густонаселенным и граничит с Чадом. В этом регионе в течение всего года население ведет кочевой образ жизни и практикует перегон скота через трансграничные перегрузочные коридоры, утвержденные в 2023 г. между Камеруном, Центральноафриканской Республикой и Чадом [21]. Анализ показателей заболеваемости по регионам позволяет сделать вывод, что прямой зависимости между плотностью населения и количеством зарегистрированных случаев не наблюдается.

Совершенствование системы эпидемиологического надзора, активное выявление и изоляция заболевших, эффективное использование сил и средств, а также проводимая позже вакцинация во многом способствовали снижению заболеваемости COVID-19 [22]. В исследованном периоде наибольшие уровни заболеваемости регистрировались в северных и прибрежных регионах (233,1 ‰ и 204,9 ‰ соответственно). В свою очередь, самые низкие уровни заболеваемости зарегистрированы в регионах Адамава и Крайний Север (25,6 ‰ и 22,5 ‰ соответственно). Визуализация уровня распространения COVID-19 путем составления карт выполнена с использованием программного обеспечения QGIS в соответствии со следующими этапами: введение слоя, состоящего из региональных и ведомственных шейп-файлов Камеруна, в систему программного обеспечения, введение второго слоя с кодами регионов и перевод регионов на русский язык, введение третьего слоя, определяющего количество случаев по регионам, определение цветowych кодов (интенсивность цветов прямо отражает величину уровня заболевания).

Динамика распространения COVID-19 в Камеруне свидетельствует о преобладании случаев заболевания в южной части страны с экваториальным климатом (жарким и влажным), в отличие от северной части страны с тропическим климатом (жарким и сухим) (рис. 2). Однако динамика распространения инфекции во времени, особенно с 2022 г., показывает сбалансированность заболеваемости и распространение COVID-19 на всей

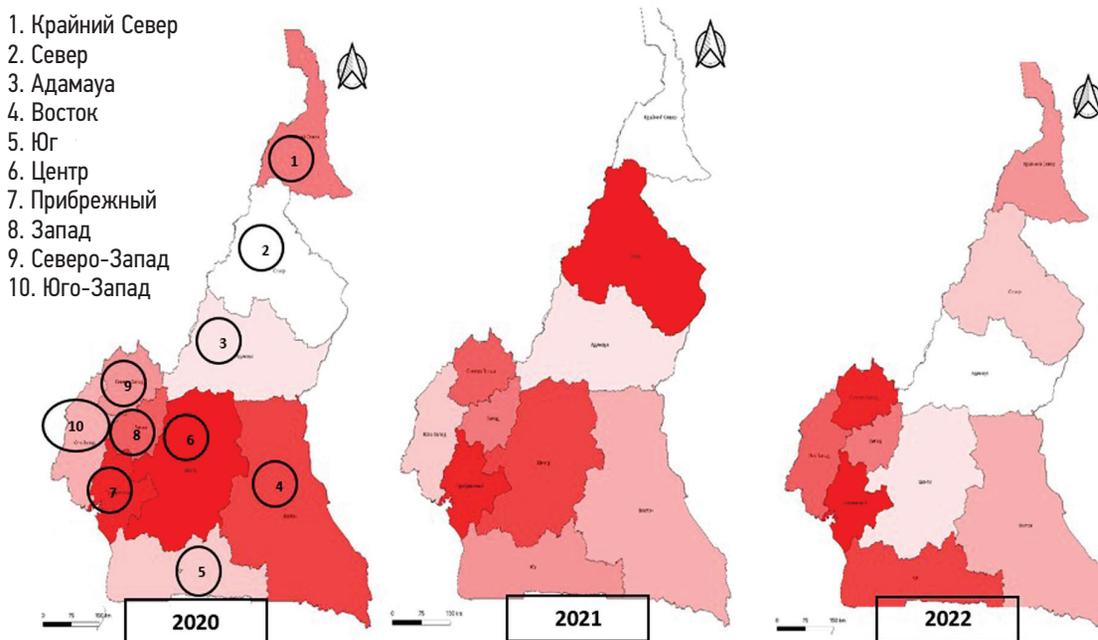


Рис. 2. Динамика распространения COVID-19 по регионам Камеруна (2020–2022 гг.)

Fig. 2. Dynamics of COVID-19 spread across the regions of Cameroon (2020–2022)

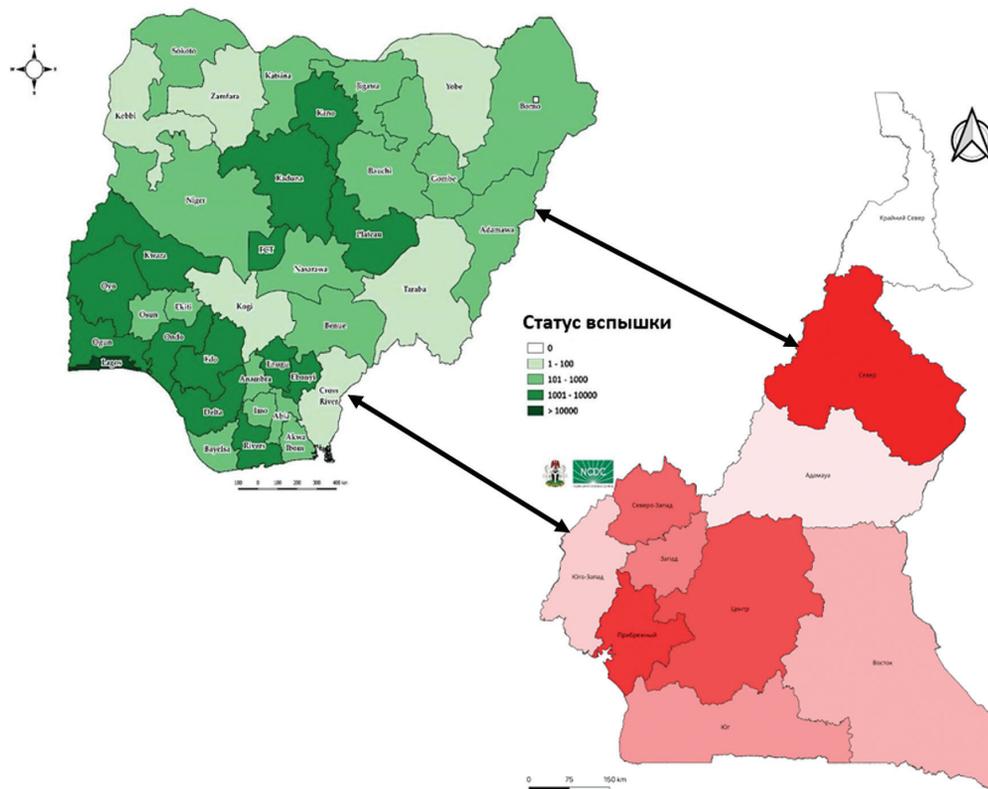


Рис. 3. Пример визуализации сопряженности уровней заболеваемости COVID-19 в граничащих с Нигерией регионах Камеруна, выполненный при помощи QGIS

Fig. 3. An example of visualization of the conjugacy of COVID-19 incidence levels in the regions of Cameroon bordering Nigeria, performed using QGIS

территории страны с концентрацией случаев заболевания в южной части, особенно в регионах Северо-Запад и Прибрежный.

Соседней с Камеруном страной, в которой, по данным ВОЗ, зарегистрировано наибольшее количество случаев

COVID-19, является Нигерия, граница с которой составляет 1690 км (рис. 3). Официальные пункты въезда между Камеруном и Нигерией расположены на севере (в бассейне озера Чад) и на юге — в регионах Северо-Запад и Юго-Запад.

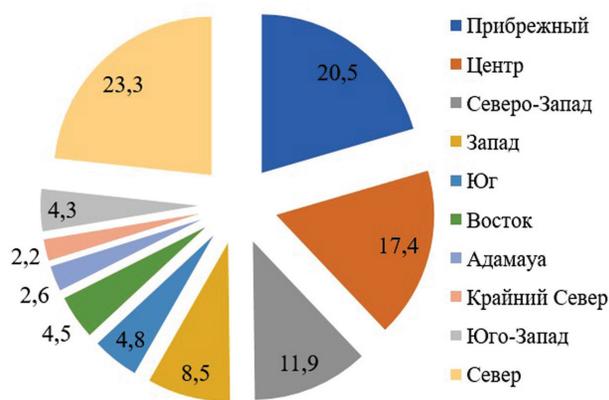


Рис. 4. Распределение зарегистрированных случаев COVID-19 в регионах Камеруна с 2020 по 2023 год (в %)

Fig. 4. Distribution of reported COVID-19 cases in the regions of Cameroon from 2020 to 2023 (in %)

В период исследования в Нигерии было подтверждено 266 675 случаев заболевания, а смертность составила 3155 человек [23] по сравнению со 123 461 случаем заболеваний и 1948 летальных исходов в Камеруне, тогда как в Чаде было зарегистрировано 7280 случаев, из них 190 смертельных [24], а в Центральноафриканской Республике и Габоне — 15 367 и 47 584 случая соответственно, из которых 113 и 303 с летальным исходом [26].

Немаловажную роль в распространении инфекции в Камеруне играет фактор миграции населения из Центральной Африки и региона Великих озер [27]. Согласно статистике Управления верховного комиссара ООН по делам беженцев на 2020 г., в Камерун прибыло около 460 000 беженцев из разных стран субрегиона. Массовые перемещения населения в значительной степени способствовали распространению новых вариантов вируса и возникновению многочисленных эпидемических очагов, демонстрируя крайне высокую значимость социального фактора в развитии эпидемического процесса.

В структуре регионального распределения плотности инцидентности COVID-19 наиболее пораженными являлись регионы Прибрежный, Центр и Север (рис. 4).

Эпидемиологический анализ заболеваемости выявил неравномерность распределения случаев заболевания COVID-19 в различных группах населения Камеруна. Статистически достоверным оказалось влияние на распределение заболеваемости таких социально-демографических факторов, как пол ($\chi^2 = 36,7$, $p = 0,024$), возраст ($\chi^2 = 294,8$, $p < 0,001$), сфера деятельности ($\chi^2 = 1023,1$, $p < 0,001$) и тип агломерации ($\chi^2 = 2731,1$, $p < 0,001$).

По результатам анализа установлено, что, несмотря на преобладание среди населения женщин (50,1 %), группу наибольшего эпидемиологического риска составляли мужчины в возрасте от 15 до 24 лет (73 %), живущие в городских районах и обучающиеся в образовательных

организациях, а также занимающиеся частной практикой (адвокаты, медицинские работники, инженеры и др.).

Полученные данные сходны с результатами исследования, проведенного в католическом университете Яунде, где было показано, что мужчины демонстрировали более высокую восприимчивость к COVID-19, как правило, сопровождающуюся тяжелыми формами заболевания и высокой летальностью [28, 29]. Это может быть объяснено не только молодым возрастом данной группы населения, но и ее высокой социальной активностью, особенно в реальном секторе экономики, а также в тех сферах, которые требуют большей интенсивности социальных коммуникаций (продавцы, фермеры и другие работники сельскохозяйственной сферы). В Камеруне, как и в других странах Центральной Африки, согласно демографическим показателям, африканское население в целом выглядит моложе, чем в Европе, Азии и Северной Америке, где данные свидетельствуют о более высокой летальности от COVID-19 и более высокой частоте госпитализаций среди пожилых людей [30].

Анализ влияния типа агломерации на плотность инцидентности COVID-19 показал, что в наиболее густонаселенных городских районах, имеющих наиболее высокий уровень жизни, зарегистрированы самые высокие показатели заболеваемости. Так, в общем количестве зарегистрированных случаев COVID-19 на долю таких районов приходится 60,6 %, а на сельские и пригородные районы — 32,2 и 7,2 % соответственно ($p < 0,001$). Важно отметить, что сельские и пригородные районы характеризуются более низкими темпами экономического развития и поэтому более низкой интенсивностью социальных контактов и более выраженным влиянием коренных социокультурных традиций. Такой комплекс социальных факторов обеспечивает сравнительно низкие темпы реализации путей передачи возбудителей инфекции по сравнению с городскими районами. Однако это же может являться и фактором низкой эффективности санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий. Согласно исследованию, проведенному в Африке в 2020 г., доказано, что в менее урбанизированных районах (при низком уровне социально-экономического развития), как правило, регистрируется более низкая и медленная передача инфекции на ранних стадиях эпидемии [31]. Интенсивное и неконтролируемое перемещение населения в городских районах может служить фактором для быстрого распространения возбудителей.

По результатам анализа установлено, что в общей структуре заболевших наибольшую долю имели учащиеся и студенты (23 %), субъекты, занимающиеся частной практикой (22 %), а также продавцы, фермеры и др. (17,1 %, $p < 0,001$). Наименьшую долю заболевших составляли военнослужащие (1,3 %) и подразделения правоохранительных органов (1,2 %). Исследование, проведенное в странах Африки к югу от Сахары, показывает, что полная приостановка определенных видов деятельности повлияла

на широкую группу профессий частного сектора [32]. Вместе с тем статистические результаты показывают, что нет существенной связи между плотностью населения, природными факторами (количество осадков, ветер, температура и влажность) и распространением COVID-19 среди населения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпидемиологическая ситуация с COVID-19 в Камеруне характеризовалась внезапным началом и быстрым распространением с тенденцией к концентрации в южной части страны. Уровни и динамика заболеваемости имели разнонаправленные тенденции в различных регионах Камеруна, обусловленные влиянием комплекса социально-экономических и природных факторов.

Использование квантовой географической информационной системы (QGIS) для целей эпидемиологического надзора позволило визуализировать динамику эпидемической ситуации в сопоставлении с динамикой летальности, что косвенно позволило оценить смену доминирующего

геноварианта возбудителя в конкретном регионе страны.

Таким образом, эпидемиологический анализ и меры по борьбе и защите от COVID-19 должны учитывать факторы риска, влияющие на распространение вируса, среди которых социально-экономические факторы имели первостепенное значение [33].

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

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

Участие авторов. Э.Э.К. Юмба — обзор литературы, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; А.А. Кузин — концепция и дизайн исследования, написание текста; А.Е. Зобов — сбор и обработка материалов, написание текста; Ч.М. Диффи — обработка материалов, анализ полученных данных.

Финансирование. Работа выполнена без привлечения целевого финансирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сисин Е.И., Голубкова А.А., Козлова И.И., и др. Заболеваемость новой коронавирусной инфекцией медицинских работников и оценка эффективности отдельных технологий их защиты на разных этапах пандемии // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2022. Т. 21, № 4. С. 27–36. EDN: WGUPEK doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-4-27-36
2. Mamoud Zani. L'Organisation des Nations unies et la lutte contre la pandémie de Covid-19 // Cahiers de la recherche sur les droits fondamentaux. 2021. Vol. 19. P. 75–85. doi: 10.4000/crdf.8123
3. Юнкина Л.С., Токанова Ш.Е., Оспанов Е.А., Смаил Е.М. Анализ эпидемиологической ситуации по особо опасным инфекциям и мировой опыт их прогнозирования. литературный обзор // Наука и здравоохранение. 2022. Т. 24, № 1. С. 126–138. EDN: TKLNWM doi: 10.34689/SH.2022.24.1.015
4. Старкова А.К., Седакова Я.А. Сравнительная характеристика выписанных и умерших пациентов с диагнозом COVID-19 (на примере городской клинической больницы им. проф. А.М. Войно-Ясенецкого) // Вестник общественного здоровья и здравоохранения Дальнего Востока России. 2021. № 3 (44). С. 39–45. EDN: WSPQBT doi: 10.35177/2226-2342-2021-3-5
5. Zhang S., Yang Z., Li Z.N., et al. Are Older People Really More Susceptible to SARS-CoV-2? // Aging and disease. 2022. Vol. 13, N 5. P. 1336–1347. doi: 10.14336/AD.2022.0130
6. Чемерис Д.А., Мавзютов А.Р., Зубов В.В., и др. Полиморфизм РНК нового коронавируса или загадки SARS-CoV-2 два. ... Дельта, ..., Омикрон ... — хватит ли букв греческого алфавита? // Биомика. 2021. Т. 13, № 4. С. 409–433. EDN: EQABMH doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-29
7. Hansen J.-C., Planchette G., Cavedon J.M., Henri J.F. Contribution à l'étude de l'efficacité et de l'entretien des masques de protection respiratoire COVID en tissu fait maison // Medicine De Catastrophe, Urgences Collectives. 2021. Vol. 5, N 4. P. 308–316. doi: 10.1016/j.pxur.2021.07.003
8. Nsegbe A., Ndoki D., Yemmafou A. Gouvernance de la Covid-19 et impacts socioéconomiques et politiques des mesures prises dans le cadre de la lutte contre la pandémie au Cameroun // Les Cahiers d'Outre-Mer. 2020. Vol. 282. P. 419–435. doi: 10.4000/com.12595
9. Fogha J.V.F., Noubiap J.J. The fight against COVID-19 in Cameroon needs a second breath // Pan. Afr. Med. J. 2020. Vol. 37, N 1. P. 14. doi: 10.11604/pamj.suppl.2020.37.14.23535
10. Eyong J., Fai K.N., Nikolay B., et al. Nationwide retrospective mortality and seroprevalence of SARS-CoV-2 antibodies in Cameroon // Scientific African. 2023. Vol. 22. P. e01925. doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01925
11. Esso L., Epée E., Bilounga C., et al. Cameroon's bold response to the COVID-19 pandemic during the first and second waves // Lancet Infect. Dis. 2021. Vol. 21, N 8. P. 1064–1065. doi: 10.1016/S1473-3099(21)00388-1
12. Epée E., Mandeng N., Libwea J.N., et al. Two years of Cameroon's resilient response to the COVID-19 pandemic // Revue de l'académie des sciences du Cameroun. 2022. Vol. 18. P. 493–500. doi: 10.4314/jcas.v18supplement.3
13. Judson S.D., Njabo K.Y., Torimiro J.N. Regional vulnerability for COVID-19 in Cameroon // Pan. Afr. Med. J. 2020. Vol. 37, Suppl. 1. P. 16. doi: 10.11604/pamj.suppl.2020.37.1.26167
14. Fokam J., Essomba R.G., Njoum R., et al. Genomic surveillance of SARS-CoV-2 reveals highest severity and mortality of delta over other variants: evidence from Cameroon // Sci. Rep. 2023. Vol. 13, N 1. P. 21654. doi:10.1038/s41598-023-48773-3
15. Fokam J., Ngoufack Jagni Semengue E., Gouissi Anguechia D.H., et al. XBB.1, BQ.1.1 and atypical BA.4.6/XBB.1 re-

combinants predominate current SARS-CoV-2 Wavelets with flu-like symptoms in Cameroon: A snapshot from genomic surveillance // *PLOS Glob. Public Health*. 2024. Vol. 4, N 5. P. e0003153. doi: 10.1371/journal.pgph.0003153

16. Mbah M., Bang H., Ndi H., Ndzo J.A. Community Health Education for Health Crisis Management: The Case of COVID-19 in Cameroon // *Community Health Equity Res Policy*. 2023. Vol. 43, N 4. P. 443–452. doi: 10.1177/0272684X211031106

17. Жоголев С.Д., Юмба Э.К., Кузин А.А., и др. Распространение новой коронавирусной инфекции в африканских странах и ее профилактика. В сб.: Современное научное знание: теория и практика. X юбилейные лужские научные чтения. Санкт-Петербург, 23 мая, 2022. Санкт-Петербург: Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, 2022. С. 394–397. EDN: MBNWS

18. WHO Afro Region. Cameroon. COVID-19 response: April report. 2023. 13 p.

19. Emerging Pandemic Threats Program. National program for the prevention and control of emerging and re-emerging zoonoses. Yaounde. March 2012. 83 p.

20. Labonne M., Magrong P., Oustalet Y. Le secteur de l'élevage au Cameroun et dans les provinces du grand Nord: situation actuelle, contraintes, enjeux et défis. 2003. 12 p. <https://hal.science/hal-00139191/document>

21. Mélanie Requier-Desjardins. The practice of transhumance in Extreme Northern Cameroon since 1970s. Mega Chad Conference. 2003. 12 p. hal-02764145, version 1 (04-06-2020). <https://hal.inrae.fr/hal-02764145>

22. Sandie A.B., Tejiokem M.C., Faye C.M., et al. Observed versus estimated actual trend of COVID-19 case numbers in Cameroon: a data-driven modelling // *Infect. Dis. Model*. 2023. Vol. 8, N 1. P. 228–239. doi: 10.1016/j.idm.2023.02.001

23. Ugwu C.A., Alao O., John O.G., et al. Immunological insights into COVID-19 in Southern Nigeria // *Front. Immunol*. 2024. Vol. 15. P. 1305586. doi: 10.3389/fimmu.2024.1305586

24. Gouvernement du Tchad, Organisation mondiale de la Santé. Rapport sur la situation épidémiologique du COVID-19 au Tchad. N 458. 2022. 6 p.

25. Gouvernement de la République Centrafricaine. Rapport de situation quotidien du COVID-19 en République Centrafricaine. N 1004. 2023. 1 p.

26. Wali Wali C., Makita-Ikouaya E. Mobilités et enjeux sanitaires aux confins du Gabon et du Congo à l'heure de la COVID-19 // *The Political Space*. 2021. Vol. 44. doi: 10.4000/espacepolitique.10132

27. Gormo J. Forced Migration of Chadians in the Faro Division in Northern Cameroon (1980–2010). In: Rodrigues C.U., Tomàs J. *Crossing African Borders*. Lisbon: Centro de Estudos Internacionais, 2012. P. 71–82

28. Mashige K.P., Osuagwu U.L., Ulagnathan S., et al. Economic, Health and Physical Impacts of COVID-19 Pandemic in Sub-Saharan African Regions: A Cross Sectional Survey // *Risk Manag Healthc Policy*. 2021. Vol. 14. P. 4799–4807. doi: 10.2147/RMHP.S324554

29. Essomba R.G., Bayibeki A.N., Lissom A., et al. Seroprevalence of SARS-CoV-2 antibodies and associated risk factors during the second wave of infection in a university community in Cameroon // *Influenza Other Respir Viruses*. 2023. Vol. 17, N 11. P. e13222. doi: 10.1111/irv.13222

30. Tazemda-Kuitsouc G.B., Kuitsouc D., Djuikoue C.I., et al. Assessment of Vulnerability to the Covid-19 Pandemic in the Central African Sub-region // *Disaster Med Public Health Prep*. 2022. Vol. 17. P. e186. doi: 10.1017/dmp.2022.121

31. Achoki T., Alam U., Were L., et al. COVID-19 pandemic in the African continent: Forecasts of cumulative cases, new infections, and mortality // *BMJ Publishing Group*. 2022. P. 1–19. Preprint doi: 10.1101/2020.04.09.20059154

32. Danquah M., Schotte S., Sen K. COVID-19 and Employment: Insights from the Sub-Saharan African Experience // *Indian J. Labour Econ*. 2020. Vol. 63, Suppl. 1. P. 23–30. doi: 10.1007/s41027-020-00251-4

33. Андреев А.А., Андрейчук Ю.В., Арсентьев В.Г., и др. Инфекция, вызванная SARS-CoV-2 / Под ред. Е.В. Крюкова. СПб., 2023. 260 с. EDN: QFKFPF

REFERENCES

1. Sisin EI, Golubkova AA, Kozlova II, et al. The Incidence of a New Coronavirus Infection in Medical Workers and the Evaluation of the Effectiveness of Individual Technologies for their Protection at Different Stages of the Pandemic. *Epidemiology and Vaccinal Prevention*. 2022;21(4):27–36. (In Russ.) EDN: WGUPEK doi: 10.31631/2073-3046-2022-21-4-27-36

2. Mamoud Zani. L'Organisation des Nations unies et la lutte contre la pandémie de Covid-19. *Cahiers de la recherche sur les droits fondamentaux*. 2021;19:75–85. doi: 10.4000/crdf.8123

3. Yunkina LS, Tokanova ShE, Ospanov EA, Smail EM. Analysis of the epidemiological situation of especially dangerous infections and the world experience of their prediction: a literary review. *Science & Healthcare*. 2022;24(1):126–138. (In Russ.) EDN: TKLNMW doi: 10.34689/SH.2022.24.1.015

4. Starkova AK, Sedakova YA. Comparative characteristics of discharged and deceased patients diagnosed with COVID-19 (on the example of the city clinical hospital named after Prof. A.M. Voyno-Yasenetsky). *Bulletin*

of Public Health and Healthcare of the Russian Far East. 2021;(3(44)): 39–45. (In Russ.) EDN: WSP0BT doi: 10.35177/2226-2342-2021-3-5

5. Zhang S, Yang Z, Li ZN, et al. Are Older People Really More Susceptible to SARS-CoV-2? *Aging and disease*. 2022;13(5):1336–1347. doi: 10.14336/AD.2022.0130

6. Chemeris DA, Mavzyutov AR, Zubov VV, et al. RNA polymorphism of novel coronavirus or enigmas of SARS-CoV-2 two. ... Delta, ..., Omicron... Will be there enough letters of the Greek alphabet? *Biomics*. 2021;13(4):409–433. (In Russ.) EDN: EQABMH doi: 10.31301/2221-6197.bmcs.2021-29

7. Hansen J-C, Planchette G, Cavedon JM, Henri JF. Contribution à l'étude de l'efficacité et de l'entretien des masques de protection respiratoire COVID en tissu fait maison. *Medicine De Catastrophe, Urgences Collectives*. 2021;5(4):308–316. doi: 10.1016/j.pxur.2021.07.003

8. Nsegbe A, Ndoki D, Yemmafou A. Gouvernance de la Covid-19 et impacts socioéconomiques et politiques des mesures prises dans

le cadre de la lutte contre la pandémie au Cameroun. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. 2020; 282: 419–435.

9. Fogha JVF, Noubiap JJ. The fight against COVID-19 in Cameroon needs a second breath. *Pan Afr Med J*. 2020;37(1):14. doi: 10.11604/pamj.supp.2020.37.14.23535

10. Eyong J, Fai KN, Nikolay B, et al. Nationwide retrospective mortality and seroprevalence of SARS-CoV-2 antibodies in Cameroon. *Scientific African*. 2023;22:e01925. doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01925

11. Easo L, Epée E, Bilounga C, et al. Cameroon's bold response to the COVID-19 pandemic during the first and second waves. *Lancet Infect Dis*. 2021;21(8):1064–1065. doi: 10.1016/S1473-3099(21)00388-1

12. Epée E, Mandeng N, Libwea JN, et al. Two years of Cameroon's resilient response to the COVID-19 pandemic. *Revue de l'académie des sciences du Cameroun*. 2022;18:493–500. doi: 10.4314/jcas.v18supplement.3

13. Judson SD, Njabo KY, Torimiro JN. Regional vulnerability for COVID-19 in Cameroon. *Pan Afr Med J*. 2020;37(Suppl 1):16. doi: 10.11604/pamj.supp.2020.37.1.26167

14. Fokam J, Essomba RG, Njoum R, et al. Genomic surveillance of SARS-CoV-2 reveals highest severity and mortality of delta over other variants: evidence from Cameroon. *Sci Rep*. 2023;13(1):21654.

15. Fokam J, Ngoufack Jagni Semengue E, Gouissi Anguechia DH, et al. XBB.1, BQ.1.1 and atypical BA.4.6/XBB.1 recombinants predominate current SARS-CoV-2 Wavelets with flu-like symptoms in Cameroon: A snapshot from genomic surveillance. *PLOS Glob Public Health*. 2024;4(5):e0003153. doi:10.1371/journal.pgph.0003153

16. Mbah M, Bang H, Ndi H, Ndzo JA. Community Health Education for Health Crisis Management: The Case of COVID-19 in Cameroon. *Community Health Equity Res Policy*. 2023;43(4):443–452. doi: 10.1177/0272684X211031106

17. Zhogolev SD, Yumba EK, Kuzin AA, et al. The spread of the new coronavirus infection in African countries and its prevention. In: *Modern scientific knowledge: theory and practice. X anniversary Luga scientific readings. Saint Petersburg 2022 May 23*. Saint Petersburg: Leningrad State University named after A.S. Pushkin Publishing House; 2022. P. 394–397. (In Russ.) EDN MBNWS18. WHO Afro Region. Cameroon. COVID-19 response: April report. 2023. 13 p.

18. WHO Afro Region. Cameroon. COVID-19 response: April report. 2023. 13 p.

19. Emerging Pandemic Threats Program. National program for the prevention and control of emerging and re-emerging zoonoses. Yaounde. March 2012. 83 p.

20. Labonne M, Magrong P, Oustalet Y. Le secteur de l'élevage au Cameroun et dans les provinces du grand Nord: situation actuelle, contraintes, enjeux et défis. 2003; 12 p. <https://hal.science/hal-00139191/document>

21. Mélanie Requier-Desjardins. The practice of transhumance in Extreme Northern Cameroon since 1970s. Mega Chad Conference. 2003; 12p. hal-02764145, version 1 (04-06-2020). <https://hal.inrae.fr/hal-02764145>

22. Sandie AB, Tejiokem MC, Faye CM, et al. Observed versus estimated actual trend of COVID-19 case numbers in Cameroon: a data-driven modelling. *Infect Dis Model*. 2023;8(1):228–239. doi: 10.1016/j.idm.2023.02.001

23. Ugwu CA, Alao O, John OG, et al. Immunological insights into COVID-19 in Southern Nigeria. *Front Immunol*. 2024;15:1305586.

24. Gouvernement du Tchad, Organisation mondiale de la Santé. Rapport sur la situation épidémiologique du COVID-19 au Tchad. N° 458. 2022. 6 p.

25. Gouvernement de la République Centrafricaine. Rapport de situation quotidien du COVID-19 en République Centrafricaine. N 1004. 2023. 1 p.

26. Wali Wali C, Makita-Ikouaya E. Mobility and health issues on the borders of Gabon and Congo in the time of COVID-19. *The Political Space*. 2021; 44. (In French)

27. Gormo J. Forced Migration of Chadians in the Faro Division in Northern Cameroon (1980–2010). In: Rodrigues CU, Tomàs J. *Crossing African Borders*. Lisbon: Centro de Estudos Internacionais; 2012. P. 71–82.

28. Mashige KP, Osuagwu UL, Ulagnathan S, et al. Economic, Health and Physical Impacts of COVID-19 Pandemic in Sub-Saharan African Regions: A Cross Sectional Survey. *Risk Manag Healthc Policy*. 2021;14:4799–4807. doi: 10.2147/RMHP.S324554

29. Essomba RG, Bayibeki AN, Lissom A, et al. Seroprevalence of SARS-CoV-2 antibodies and associated risk factors during the second wave of infection in a university community in Cameroon. *Influenza Other Respir Viruses*. 2023;17(11):e13222.

30. Tazemda-Kuitsouc GB, Kuitsouc D, Djuikoue CI, et al. Assessment of Vulnerability to the Covid-19 Pandemic in the Central African Sub-region. *Disaster Med Public Health Prep*. 2022;17:e186. doi: 10.1017/dmp.2022.121

31. Achoki T, Alam U, Were L, et al. COVID-19 pandemic in the African continent: Forecasts of cumulative cases, new infections, and mortality. *BMJ Publishing Group*. 2022; 1–19. Preprint doi: 10.1101/2020.04.09.20059154

32. Danquah M, Schotte S, Sen K. COVID-19 and Employment: Insights from the Sub-Saharan African Experience. *Indian J Labour Econ*. 2020; 63(Suppl 1): 23–30. doi: 10.1007/s41027-020-00251-4

33. Andreenko AA, Andreychuk YuV, Arsenyev VG, et al. Infection caused by SARS-CoV-2. Kryukov EV, ed. Saint Petersburg; 2023. 260 p. EDN: QFKFPF

ОБ АВТОРАХ

*Эбен Энн Кэтрин Юмба, адъюнкт кафедры (общей и военной эпидемиологии); адрес: Россия, 194044, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; ORCID: 0000-0002-5417-6656; eLibrary SPIN: 8973-9100; e-mail: vmeda-nio@mil.ru

AUTHORS' INFO

*Eben Anne Catherine Youmba, postgraduate student of the Department (of General and Military Epidemiology); address: 6, Akademika Lebedeva str., Saint Petersburg, 194044, Russia; ORCID: 0000-0002-5417-6656; eLibrary SPIN: 8973-9100; e-mail: vmeda-nio@mil.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

ОБ АВТОРАХ

Александр Александрович Кузин, докт. мед. наук профессор, начальник кафедры (общей и военной эпидемиологии);
ORCID: 0000-0001-9154-7017; eLibrary SPIN: 6220-1218

Андрей Евгеньевич Зобов, канд. мед. наук, преподаватель кафедры (общей и военной эпидемиологии);
ORCID: 0000-0001-7791-8993; eLibrary SPIN: 4281-2680

Чифу Мильтиад Диффи, магистр в области компьютерных наук; ORCID: 0000-0001-6226-9425; e-mail: mdieffi@gmail.com

AUTHORS' INFO

Aleksandr A. Kuzin, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, the Head of the Department (of General and Military Epidemiology);
ORCID: 0000-0001-9154-7017; eLibrary SPIN: 6220-1218;

Andrey E. Zobov, MD, Cand. Sci. (Medicine), Teacher of the Department (of General and Military Epidemiology);
ORCID: 0000-0001-7791-8993; eLibrary SPIN: 4281-2680

Tchifou Miltiade Dieffi, Master degree in Computer Science, ORCID: 0000-0001-6226-9425; e-mail: mdieffi@gmail.com