

DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-141-148

УДК 616.98:578.834.1

В.П. Топорков

Пандемия COVID-19: продолжительность и эпидемиологический прогноз*ФКУН «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация*

Всемирная организация здравоохранения определила COVID-19 как пандемию 11 марта 2020 г. А в марте 2022 г., т.е. примерно через два года, зарегистрировано глобальное доминирование филогенетического варианта SARS-CoV-2 омикрон с обусловленным им более легким клиническим течением болезни, в связи с чем сделан эпидемиологический прогноз о наступлении периода спада пандемии. **Целью** данной работы является определение продолжительности и возможностей прогнозирования пандемии COVID-19 на основе эпидемиологической оценки ее динамики в контексте волнообразного хода, фазового характера, эпидемиологической значимости филогенетических преобразований возбудителя. Проанализированы материалы глобального ресурса в сети Интернет о ежедневных случаях заражения / летальных исходах COVID-19, результатах филогенетических исследований возбудителя и их интерпретации с помощью эпидемиологического метода. Анализ динамики пандемии COVID-19 в мире выявил ее принадлежность к типичному в эпидемиологии варианту пандемий (эпидемий) со свойственными ему волнами, длящимися месяцами, не совпадающими с годовыми солнечными циклами. На начало марта 2023 г. зарегистрировано 7 волн, из них 1–4-я волны – эпидемическая фаза, обусловленная последовательным доминированием штаммов ухань и дельта, 6–7-я волны – постэпидемическая фаза. Волны варьировали по продолжительности от 4 до 7 мес. (M – 4,6 мес.) и по амплитуде от 307205 до 4082344 (M – 1331389,14) пиковых значений числа зараженных и соответственно умерших – от 2997 до 20702 (M – 10506) человек. Постэпидемическая фаза характеризовалась устойчивой тенденцией количественного уменьшения SARS-CoV-2 омикрон в виде ундулирующей динамики с неуклонно снижающейся амплитудой волн числа зараженных на фоне резкого снижения числа летальных исходов по сравнению с эпидемической фазой. Продолжение этой тенденции ожидается в виде еще двух небольших по амплитуде волн (8-я и 9-я) общей продолжительностью около 10 мес., завершение постэпидемической фазы прогнозируется в первом полугодии 2024 г. Данные о фазовом характере пандемии, детерминируемом геномными изменениями возбудителя, необходимы для формирования готовности к будущим пандемиям.

Ключевые слова: пандемия COVID-19, филогенетические технологии, фазы пандемии, эпидемиологический прогноз.

Корреспондирующий автор: Топорков Владимир Петрович, e-mail: rusrari@microbe.ru.

Для цитирования: Топорков В.П. Пандемия COVID-19: продолжительность и эпидемиологический прогноз. *Проблемы особо опасных инфекций.* 2023; 4:141–148. DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-141-148

Поступила 21.04.2023. Отправлена на доработку 12.06.2023. Принята к публ. 11.09.2023.

V.P. Toporkov

COVID-19 Pandemic: Duration and Epidemiological Forecast*Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe", Saratov, Russian Federation*

Abstract. The World Health Organization declared COVID-19 a pandemic on March 11, 2020. While in March 2022, i.e. approximately two years later, the global dominance of the phylogenetic variant of SARS-CoV-2 Omicron with its associated milder clinical course of the disease was registered, and therefore an epidemiological forecast was made about the onset of a period of decline in the pandemic. **The aim** of this work was to determine the duration and possibility of predicting the COVID-19 pandemic based on an epidemiological assessment of its dynamics in the context of the wave-like course, phase nature, and epidemiological significance of the phylogenetic transformations of the pathogen. Materials from a global source on the Internet about daily cases of infection/deaths of COVID-19, the results of phylogenetic studies of the pathogen and their interpretation using the epidemiological method were analyzed. The evaluation of the COVID-19 pandemic dynamics in the world revealed that it is a typical epidemiological variant of pandemics (epidemics) with its characteristic waves that last for months and do not coincide with the annual solar cycles. As of early March 2023, 7 waves were registered, of which the 1st–4th waves are the epidemic phase, caused by the consistent dominance of the Wuhan and Delta strains, the 6th–7th waves are the post-epidemic phase. The waves varied in duration from 4 to 7 months (M – 4.6 months) and in amplitude from 307205 to 4082344 (M – 1331389.14) peak values of the number of the infected and deaths – from 2997 to 20702 (M – 10506), accordingly. The post-epidemic phase was characterized by a steady trend of quantitative decrease in SARS-CoV-2 Omicron in the form of undulating dynamics with steadily decreasing amplitude of the waves of the number of infected people against the background of a sharp decrease in the number of lethal outcomes compared to the epidemic phase. The continuation of this trend is expected in the form of two more waves of small amplitude (8th and 9th) with a total duration of about 10 months; the completion of the post-epidemic phase is predicted in the first half of 2024. Data on the phase nature of the pandemic, determined by genomic changes in the pathogen, are necessary to be prepared for future pandemics.

Key words: COVID-19 pandemic, phylogenetic technologies, phases of the pandemic, epidemiological forecast.

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

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

Corresponding author: Vladimir P. Toporkov, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Toporkov V.P. COVID-19 Pandemic: Duration and Epidemiological Forecast. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2023; 4:141–148. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2023-4-141-148
Received 21.04.2023. *Revised* 12.06.2023. *Accepted* 11.09.2023.

Toporkov V.P., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9512-7415>

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определила COVID-19 как пандемию 11 марта 2020 г. [1]. А в марте 2022 г., т.е. примерно через два года, в мире зарегистрировано глобальное доминирование филогенетического варианта SARS-CoV-2 омикрон, которому предшествовало его быстрое распространение на юге Африки [2]. С глобальным доминированием штамма омикрон связано более легкое клиническое течение болезни, трактуемое в эпидемиологии как признак наступления периода спада пандемии – постэпидемической фазы [3–5]. В связи с этим сделан эпидемиологический прогноз, суть которого состояла в констатации завершения эпидемической фазы пандемии, обусловленной последовательным глобальным доминированием циркуляции штаммов уханьский и дельта, и прогнозировании наступления периода спада пандемии, т.е. неуклонного улучшения эпидемиологической обстановки в мире, связанного с глобальным доминированием штамма омикрон. Наши данные о прогнозировании спада пандемии COVID-19, детерминируемого филогенетическими изменениями возбудителя SARS-CoV-2, опубликованы в тезисном формате в сборнике материалов III Международной научно-практической конференции по вопросам противодействия новой коронавирусной инфекции и другим инфекционным заболеваниям (15–16 декабря 2022 г., Санкт-Петербург) [6]. Их достоверность подтверждена в резюмирующем заявлении ВОЗ 5 мая 2023 г. об устойчивой тенденции улучшения эпидемиологической обстановки в мире и снятии с COVID-19 статуса пандемии [7]. Таким образом, наши данные, характеризующиеся мировой научной новизной и практической значимостью, определяют актуальность и необходимость их развернутого представления в печати. **Целью** данной работы является определение продолжительности и возможности прогнозирования пандемии COVID-19 на основе эпидемиологической оценки ее динамики в контексте волнообразного хода, фазового характера, эпидемиологической значимости филогенетических преобразований возбудителя.

Использован глобальный электронный ресурс в сети Интернет под условным названием «Коронавирус. Статистика», основу которого составили данные Медицинского университета Джона Хопкинса. Проанализированы материалы двух интернет-источников [8, 9], представлявшие собой динамику ежедневного учета в мире случаев заражения SARS-CoV-2 людей, летальных исходов. На 10 марта 2023 г. (последняя дата корректировки материалов Медицинским университетом Джона

Хопкинса) зарегистрировано 682041292 случая заражения, из них 6907106 случаев смерти. Данные материалы, представленные в сети Интернет в графическом выражении для использования в режиме реального времени, по закону больших чисел (ЗБЧ в теории вероятностей) объективно характеризуют ход пандемии COVID-19 и не требуют статистической обработки. Вместе с тем использование при оценке динамики пандемии на примере COVID-19 глобального электронного ресурса «Коронавирус. Статистика» в комплексе с примененными в глобальном масштабе филогенетическими технологиями при тестировании возбудителя SARS-CoV-2 представляются для эпидемиологов как впервые появившиеся возможности в плане объективной оценки и эпидемиологической интерпретации динамики пандемии в целом. Пандемия COVID-19, обозначившаяся как экстраординарная по эпидемическим масштабам, социально-экономическим и геополитическим последствиям чрезвычайная ситуация (за последние 100 лет), трудно сдерживаемая санитарно-противоэпидемическими (профилактическими) мероприятиями, предстала как модельный объект для корректной оценки продолжительности, фазового характера и возможности эпидемиологического прогнозирования. Выбранная методология исследования, включающая использование для анализа интернет-ресурсов статистики заболеваемости/летальности в мире и результатов применения филогенетических технологий при тестировании возбудителя SARS-CoV-2, оказалась инновационно эффективным инструментом познания и достижения мировой научной новизны и практической значимости полученных результатов.

Выявленная продолжительность пандемии COVID-19 в основном своем проявлении (эпидемическая фаза) – 2 года – подтвердила существующую в литературе [10] примерную среднюю арифметическую величину продолжительности подобного масштаба эпидемического распространения острых респираторных вирусных инфекционных болезней, составившую 2 года. Эта величина была определена при анализе материалов 45 эпидемий (пандемий) гриппа, 83 эпидемических лет за 500-летний период наблюдения (XV–XX вв.). Практически в 2 года «уложились» в основном своем проявлении такие пандемии гриппа, как А/НИН/ «испанка» (1918–1919 гг.), А/Н2Н2/ «азиатский грипп» (1957–1958 гг.), А/Н3Н2/ «гонконгский грипп» (2-я половина 1968 г. – 1-я половина 1970 г.), А/НИН/ «русский грипп» (1977–1978 гг.), А/НИН/09 «свиной грипп» (2009–2010 гг.).

Анализ материалов графического выражения динамики пандемии COVID-19 в мире выявил ее принадлежность к типичному в эпидемиологии, наиболее известному в 20–30-х гг. XX столетия варианту эпидемического распространения инфекционных болезней со свойственными ему волнами, длящимися месяцами, не совпадающими с годовыми солнечными циклами. Волны характеризуются относительно короткой восходящей ветвью, свидетельствующей о продолжительности инкубационного периода болезни, и относительно удлиненной нисходящей ветвью, указывающей на наличие вторичных случаев при заражении от первичных больных [3]. Соответственно, сокращение нисходящей ветви при проведении противоэпидемических мероприятий логично будет указывать на их эффективность. В динамике пандемий (эпидемий) выделяли три фазы: предэпидемическую, эпидемическую и постэпидемическую. Смену фаз предположительно объясняли изменением вирулентности возбудителя, обратно пропорциональным доле иммунных лиц в составе коллектива [3–5]. Снижение вирулентности возбудителя в постэпидемическую фазу связывали с нарастающим иммунологическим прессингом со стороны популяции хозяина. Вирулентность, как известно, является фенотипическим признаком. Поэтому объяснение явления фазности эпидемий на основе изменения вирулентности возбудителя носило предположительный характер. Предположение о детерминированности фазового характера эпидемического процесса генетическими преобразованиями возбудителя, сопровождающимися клинико-эпидемиологическими изменениями болезни, сформировалось в 80-х гг. XX в. в работах В.Д. Белякова и соавт. [4] и Б.Л. Черкасского [5]. В этих работах предположительный характер филогенетических изменений возбудителя (появление маркеров с филогенетическими, временными, географическими значениями) объясняется невозможностью их выявления в то время с помощью рутинных фенотипических методов.

В настоящее время в динамике пандемии COVID-19 установлен фазовый характер эпидемического процесса и его детерминированность геномными изменениями возбудителя путем регистрации последовательной смены глобального доминирования в начале пандемии филогенетического варианта уханьский, на подъеме и высоте (эпидемическая фаза) – штамма дельта и на спаде пандемии (пост-эпидемическая фаза) – варианта омикрон, что является надежным доказательством фазового характера эпидемического процесса и пандемии в целом. Эти данные имеют первостепенное значение при определении продолжительности пандемии COVID-19 и построении эпидемиологического прогноза.

Переходя к конкретной эпидемиологической интерпретации данных глобального информационного ресурса «Коронавирус: статистика в мире» [8] (срок функционирования данного интернет-источника – до середины ноября 2022 г.), представленных на рис. 1, сразу же необходимо отметить, что графическое выражение динамики пандемии COVID-19 в мире (динамика количества зараженного населения – верхний ряд) идентифицируется как типичный в эпидемиологии и наиболее широко распространенный в 20–30-х гг. XX в. вариант эпидемического распространения инфекционной болезни со свойственными ему волнами, длящимися месяцами, не совпадающими с годовыми солнечными циклами [3].

Данные нижнего ряда на рис. 1 отчетливо характеризуют нарастание числа летальных случаев в начале пандемии (март – май 2020 г.), на подъеме (июнь – октябрь 2020 г.), высоте (ноябрь 2020 – февраль 2022 г.), резкий спад до минимального уровня в мае – октябре 2022 г.

Что касается верхнего ряда, то в первую очередь обращает на себя внимание самая высокая волна числа зараженных SARS-CoV-2, зарегистрированная в январе – марте 2022 г., превысившая примерно в 5 раз по амплитуде и в 2 раза по фазе предшествовавшие волны. Крутая (короткая) восходящая ветвь этой волны, как известно в эпидемиологии, свидетельствует

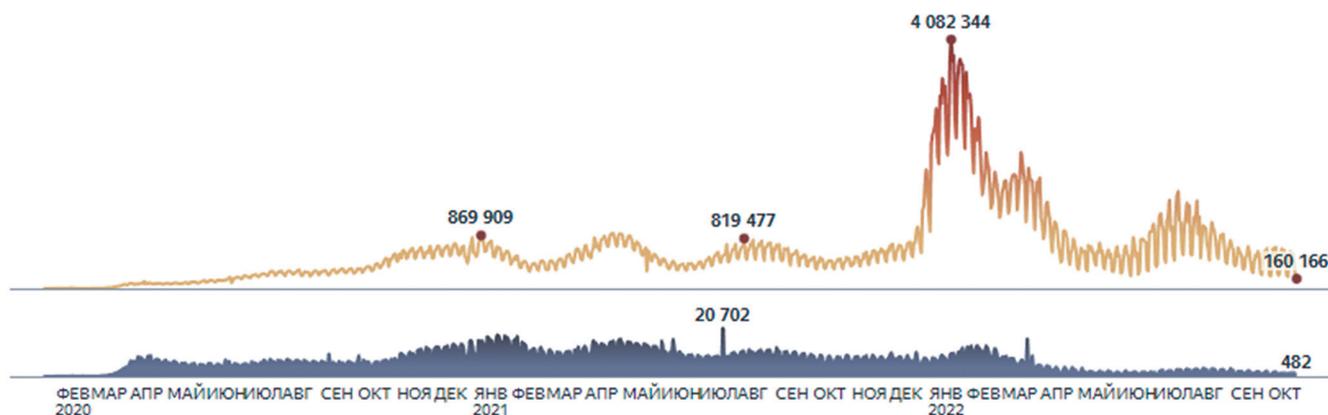


Рис. 1. Динамика количества ежедневных случаев заражения населения (верхний ряд) и летальных исходов (нижний ряд) COVID-19 в мире в 2020–2022 (октябрь) гг. [8]

Fig. 1. Dynamics of the number of daily cases of infection (top row) and lethal outcomes (bottom row) of COVID-19 in the world in 2020–2022 (October) [8]

об относительно коротком инкубационном периоде болезни, удлиненная нисходящая ветвь с небольшим подъемом на пути снижения указывает на наличие вторичных случаев при заражении от первичных больных [3]. Самая высокая волна зараженности населения на рис. 1 обозначилась непропорционально низкой амплитудой роста абсолютного ежедневного числа летальных случаев по отношению к эксплозивному увеличению числа зараженных. И эта тенденция разрыва в амплитуде количества зараженных и летальных случаев устойчиво закрепилась на волне в июне – августе 2022 г. Все вышеуказанные признаки, свидетельствовавшие о наступлении в мире периода более легкого клинического течения и большей активности передачи COVID-19, были связаны с филогенетическим вариантом SARS-CoV-2 омикрон, впервые идентифицированным в Ботсване и ЮАР в ноябре 2021 г. и получившим вначале стремительное распространение на юге Африки [2].

Как известно, клинико-эпидемиологическими особенностями глобального доминирования филогенетического варианта омикрон стали относительно короткий инкубационный период и сравнительно легкое клиническое течение болезни с преимущественной локализацией патологического процесса в верхних дыхательных путях, с которыми связаны и большая активность воздушно-капельного пути передачи инфекции, и высокая коммуникационная (контактная) активность инфицированных («легче болеющих» и носителей) людей как источников инфекции. На период наступления глобального доминирования штамма омикрон приходится основная разгрузка госпитальной сети, смещение акцента и последующее снижение нагрузки на амбулаторно-поликлиническое звено здравоохранения. По существу, речь идет о клинико-эпидемиологическом и филогенетическом подтверждении наступления фазы спада пандемии – постэпидемической фазы COVID-19, а штамм омикрон, в соответствии с указанным клинико-эпидемиологическим сопровождением и позицией В.Д. Белякова и соавт. [4] относи-

тельно фазового характера эпидемического процесса, является резервационным вариантом.

Всего по данным рис. 1 за период пандемии COVID-19 (март 2020 – октябрь 2022 г.) в мире зарегистрировано 5 волн числа зараженных и 5 волн числа летальных случаев. Вместе с тем, как можно видеть на рис. 1, первая волна количества летальных случаев (март – май 2020 г.) не сопровождалась заметной волной числа зараженных. Этот феномен можно объяснить человеческим фактором. Суть этого фактора, как представляется, состоит в непреднамеренном значительном занижении в начале пандемии количества зараженных SARS-CoV-2 лиц (соответственно, завышении числа смертей) в связи с акцентированием внимания при эпидемиологических расследованиях прежде всего на тяжелых и летальных случаях, особенно в странах с ограниченными диагностическими и кадровыми возможностями в начале пандемии. По существу, из поля зрения выпали легкие и бессимптомные случаи. Последние, например, составили 74 % в феврале 2020 г. на круизном лайнере Diamond Princess, где из 3711 пассажиров и членов экипажа инфекция COVID-19 была установлена у 712 лиц [11].

Естественно, что версия о наличии 1-й волны, а в целом 6 волн зараженности SARS-CoV-2 в мире (по октябрь 2022 г.), может быть поддержана фактическими данными, полученными, например, в стране, где с самого начала пандемии выявление всего спектра зараженных SARS-CoV-2 случаев было поставлено на поток. О том, что указанная выше волна числа инфицированных имела место, свидетельствуют данные из информационного ресурса «Коронавирус: статистика в мире» [8], полученные на территории Российской Федерации и приведенные на рис. 2.

Как можно видеть на рис. 2, в России в 2020–2022 (октябрь) гг. зарегистрировано 6 волн числа зараженных (верхний ряд), из которых 1-я волна (апрель – июль 2020 г.) на региональном уровне указывает на реальность 1-й волны в мире (рис. 1, верхний ряд), которая должна была проявиться на фоне

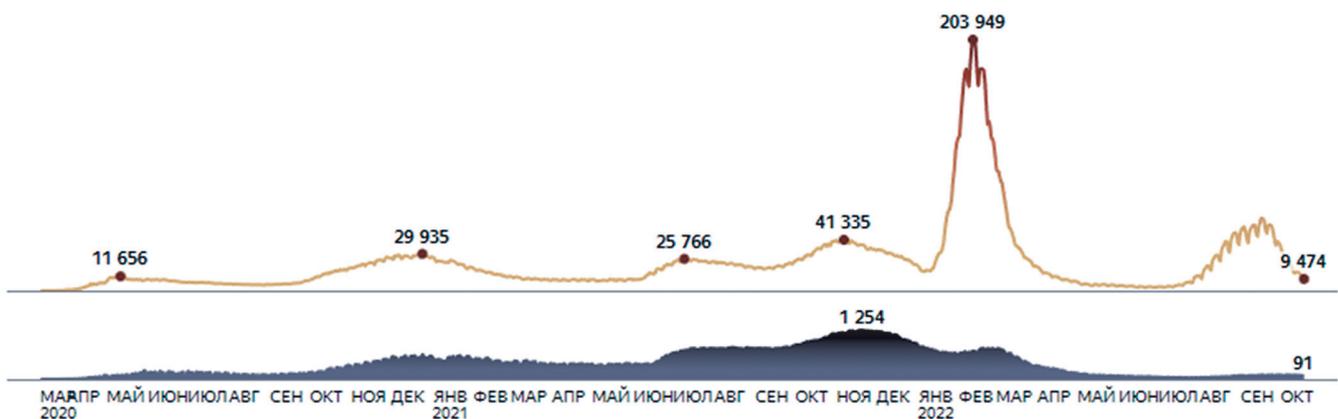


Рис. 2. Динамика количества новых случаев заражения населения (верхний ряд) и летальных исходов (нижний ряд) COVID-19 в России по дням в ходе пандемии в 2020–2022 (октябрь) гг. [8]

Fig. 2. Dynamics of the number of new cases of infection (top row) and deaths (bottom row) of COVID-19 in Russia by day during the pandemic in 2020–2022 (October) [8]

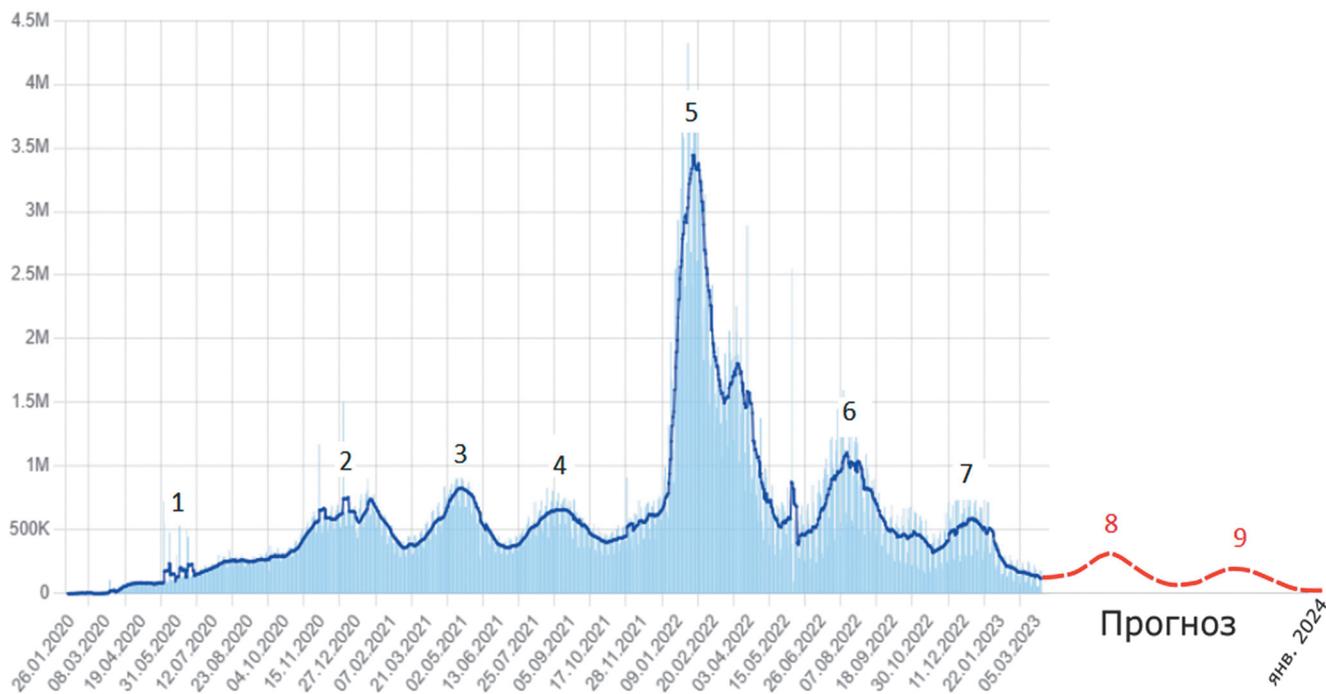


Рис. 3. Динамика количества ежедневных случаев заражения SARS-CoV-2 по состоявшимся (1–7-я) волнам в мире и прогнозируемым (8–9-я) волнам на 2023 – начало 2024 г.

Fig. 3. Dynamics of the number of daily cases of SARS-CoV-2 infection by completed (1st–7th) waves in the world and predicted (8th–9th) waves for 2023 – early 2024

волны числа летальных случаев в начале пандемии. Короткая нисходящая ветвь 5-й волны свидетельствует об эффективности противоэпидемических мероприятий [12]. В целом в мире с учетом данных рис. 2 можно насчитать 6 волн числа зараженных и 5 волн числа летальных случаев, т.е. на одну волну летальных случаев меньше, чем зараженных, в связи с наступлением периода более легкого клинического течения COVID-19, снижения уровня летальных исходов, т.е. постэпидемической фазы. При известной продолжительности эпидемической фазы пандемии COVID-19 – 2 года (март 2020 – март 2022 г.) – продолжительность и характер постэпидемической фазы являются предметом эпидемиологического прогноза. Наиболее корректной постановка эпидемиологи-

ческого прогноза представляется с учетом данных глобального электронного информационного ресурса «Статистика коронавируса в мире» [9], последний раз обновленных Медицинским университетом Джона Хопкинса 10 марта 2023 г. Указанные данные на начало марта 2023 г. приведены на рис. 3.

Как можно видеть на рис. 3, представлены данные о 7 состоявшихся волнах числа зараженного SARS-CoV-2 населения, в том числе и первой волне, о которой не было сведений на рис. 1, но были данные на рис. 2. Прерывистой линией на рис. 3 помечены две прогнозируемые (8-я и 9-я) с уменьшающейся амплитудой волны. Конкретные данные о состоявшихся волнах с учетом их нумерации на рис. 3 приведены в таблице.

**Информация о состоявшихся волнах COVID-19 в мире
Data on the completed waves of COVID-19 in the world**

Волна, № п/п Wave No.	Продолжительность волны, мес. Duration of the wave, months	Дата регистрации пиковых значений Date of peak value registration	Пиковое число зараженных Peak number of the infected		
			абс. abs.	из них летальных исходов out of them with lethal outcome	
				абс. abs.	%
1	4	14.08.2020	307205	6581	2,1
2	5	07.01.2021	869909	14965	1,7
3	4	23.04.2021	907683	15260	1,7
4	4	15.07.2021	819476	20702	2,5
5	7	19.01.2022	4082344	9931	0,2
6	5	19.07.2022	1524204	3106	0,2
7	4	08.12.2022	808903	2997	0,4

Из 7 волн пандемии COVID-19, зарегистрированных в мире на начало марта 2023 г., 1–4-я волны принадлежали к эпидемической фазе, 6–7-я волны – постэпидемической фазе. Волны варьировали по продолжительности от 4 до 7 мес. (M – 4,6 мес.) и по амплитуде от 307205 до 4082344 (M – 1331389,1) пиковых значений числа зараженных людей и соответственно числа летальных исходов – от 2997 до 20702 (M – 10506). Пиковое число летальных исходов варьировало от 2,5 до 0,2 %. Самая высокая амплитуда волны числа зараженных (пиковое число – 4082344) и самый высокий разрыв в амплитуде числа зараженных и летальных исходов (пиковое число – 9931) приходится на 5-ю волну (дата регистрации пиковых значений – 19.01.2022), обусловленную наступлением периода глобального доминирования филогенетического варианта SARS-CoV-2 омикрон, т.е. постэпидемической фазы. Продолжительность этой фазы составила 1 год – с марта 2022 по март 2023 г. Этот период характеризовался устойчивой тенденцией количественного уменьшения SARS-CoV-2 омикрон в виде ундулирующей динамики с неуклонно снижающейся амплитудой волн числа зараженных на фоне резкого снижения числа летальных исходов по сравнению с эпидемической фазой. В последующие после марта месяцы 2023 г. прогнозируется продолжение постэпидемической фазы в виде еще двух волн, общей продолжительностью около 10 мес. Вместе с тем при рассмотрении пандемии COVID-19 в целом как единой волны, восходящая ветвь которой составляет 2 года (продолжительность эпидемической фазы), а нисходящая ветвь должна ее превышать (более 2 лет, при том что в марте 2023 г. она составила всего 1 год), завершения постэпидемической фазы следует ожидать в первом полугодии 2024 г.

После представления статьи в редакцию для опубликования в новом интернет-источнике [13] появились данные, констатирующие реальность возникновения волны, прогнозируемой нами выше 8-й в ходе спада пандемии COVID-19. Новая волна проявилась в июле, августе и сентябре 2023 г. с пиковым значением числа новых случаев заражения в мире 31 августа – 87251 человек, что составляет примерно 8-кратное уменьшение амплитуды 8-й волны по отношению к предшествовавшей 7-й волне (пиковое значение числа зараженных – 808903 человека), свидетельствующее о глубоком спаде пандемии. Согласно данному интернет-источнику [13], общее количество зараженного населения в мире на 10 октября 2023 г. составило 696387988 человек, из них с летальным исходом – 6924812 (1 %).

Поскольку эпидемиологический прогноз касается продолжительности постэпидемической фазы пандемии COVID-19, констатация которой (фазы) уже имеет прогностическое значение, необходимо еще раз обратить внимание на всю совокупность научных данных, на которых в целом основывается оценка характера этой пандемии и строится эпиде-

миологический прогноз. Эти данные отражены в следующих положениях:

1) впервые в истории эпидемиологии в ходе изучения динамики реальной пандемии на примере COVID-19 создана глобальная методология, включающая комплексное применение филогенетических технологий при тестировании возбудителя SARS-CoV-2 и электронного информационного ресурса в сети Интернет «Коронавирус. Статистика» в режиме реального времени, насчитывающего более 680 млн зараженных человек и более 6,9 млн летальных исходов; на 10 октября 2023 г. число инфицированных составило 696387988, из них с летальным исходом – 6924812 (1 %) [13];

2) установлена аналогия графического выражения зараженности населения SARS-CoV-2 в мире в ходе пандемии COVID-19 и широко известного в 20–30-х гг. XX столетия варианта эпидемического распространения инфекционной болезни со свойственными ему волнами, длящимися месяцами, не совпадающими с годовыми солнечными циклами и характеризующимися относительно короткой восходящей ветвью, свидетельствующей о продолжительности инкубационного периода болезни, и относительно удлиненной нисходящей ветвью, указывающей на образование вторичных случаев при заражении от первичных больных;

3) учтено известное в эпидемиологии дифференцирование хода пандемий (эпидемий) на три фазы: предэпидемическую, эпидемическую, постэпидемическую – и соответствующее объяснение смены этих фаз изменением вирулентности возбудителя, обратно пропорциональным нарастанию доли иммунных лиц в составе коллектива;

4) впервые выявлена филогенетическая изменчивость возбудителя в ходе реальной пандемии, сопряженная с ее пространственно-временной динамикой, переходом к доминированию резервационного варианта возбудителя омикрон и наступлением постэпидемической фазы, носившим характер скачка;

5) впервые показана обусловленность фазового характера пандемии COVID-19 последовательной сменой в течение двух лет (март 2020 – март 2022 г.) трех филогенетических вариантов SARS-CoV-2: начавшего пандемию эпидемического уханьского штамма глобальным доминированием на ее подъеме и высоте эпидемического варианта дельта и на спаде пандемии – резервационного варианта омикрон;

6) впервые в ходе пандемии установлено сопровождение смены глобального доминирования филогенетических вариантов возбудителя клинико-эпидемиологическими изменениями болезни;

7) охарактеризовано клинико-эпидемиологическое сопровождение акта глобального доминирования резервационного варианта SARS-CoV-2 омикрон в постэпидемическую фазу по таким признакам, как: а) сокращение инкубационного периода; б) более легкое клиническое течение болезни; в) преимущественная локализация патологического процесса в

верхних дыхательных путях; г) высокая активность воздушно-капельного пути передачи, д) высокая коммуникационная (контактная) активность источников инфекции; е) разгрузка госпитальной сети, смещение акцента и снижение нагрузки на амбулаторно-поликлиническое звено здравоохранения;

8) установлена продолжительность эпидемической фазы – примерно 2 года (март 2020 – март 2022 г.), что соответствовало примерной средней арифметической величине (2 года) продолжительности одной эпидемии (пандемии) гриппа, определенной на основе материалов 45 эпидемий (пандемий) гриппа, 83 эпидемических лет за 500-летний период наблюдения (XV–XX вв.). Эти данные сближают COVID-19 с другими острыми респираторными вирусными инфекционными болезнями зоонозной природы, что может быть использовано в разработке единой модели острой респираторной вирусной инфекционной болезни как объекта эпидемиологического надзора и тестовой составляющей содержания противоэпидемической готовности к будущим пандемиям – чрезвычайным ситуациям в области общественного здравоохранения, имеющим международное значение [Международные медико-санитарные правила (2005 г.)] [14];

9) установлено наступление постэпидемической фазы COVID-19 в период с марта 2022 – по март 2023 г. (1 год), проявившееся в устойчивой тенденции количественного уменьшения SARS-CoV-2 омикрон в виде ундулирующей динамики с неуклонно снижающейся амплитудой волн зараженности населения на фоне установившегося низкого уровня летальности по сравнению с эпидемической фазой.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии дополнительного финансирования при проведении данного исследования.

Список литературы

1. Virtual press conference on COVID-19. 11 March 2020 [Электронный ресурс]. URL: https://www.who.int/docs/default-sources/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-and-final-11mar2020.pdf?sfvrsn=cb432bb3_2 (дата обращения 01.04.2020).
2. Viana R., Moyo S., Amoako D.G., Tegally H., Scheepers C., Althaus C.L., Anyaneji U.J., Bester P.A., Boni M.F., Chand M., Choga W.T., Colquhoun R., Davids M., Deforche K., Doolabh D., du Plessis L., Engelbrecht S., Everatt J., Giandhari J., Giovanetti M., Hardie D., Hill V., Hsiao N.Y., Iranzadeh A., Ismail A., Joseph C., Joseph R., Koopile L., Kosakovsky Pond S.L., Kraemer M.U.G., Kuate-Lere L., Laguda-Akingba O., Lesetedi-Mafoko O., Lessells R.J., Lockman S., Lucaci A.G., Maharaj A., Mahlangu B., Maponga T., Mahlakhwane K., Makatini Z., Marais G., Maruapula D., Masupu K., Matshaba M., Mayaphi S., Mbhele N., Mbulawa M.B., Mendes A., Mlisana K., Mnguni A., Mohale T., Moir M., Moruisi K., Mosepele M., Motsatsi G., Motswaledi M.S., Mphoyakgosi T., Msomi N., Mwangi P.N., Naidoo Y., Ntuli N., Nyaga M., Olubayo L., Pillay S., Radibe B., Ramphal Y., Ramphal U., San J.E., Scott L., Shapiro R., Singh L., Smith-Lawrence P., Stevens W., Strydom A., Subramoney K., Tebeila N., Tshiabuila D., Tsui J., van Wyk S., Weaver S., Wibmer C.K., Wilkinson E., Wolter N., Zarebski A.E., Zuze B., Goedhals D., Preiser W., Treurnicht F., Venter M., Williamson C., Pybus O.G., Bhiman J., Glass A., Martin D.P., Rambaut A., Gaseitsiwe S., von Gottberg A., de Oliveira T. Rapid epidemic expansion of the SARS-CoV-2 Omicron variant in southern Africa. *Nature*. 2022; 603(7902):679–86. DOI: 10.1038/s41586-022-04411-y.

3. Сталлибрасс К. Основы эпидемиологии. М.; Л.: Биомедгиз; 1936. 591 с.
4. Беляков В.Д., Каминский Г.Д. Управляемые инфекции и саморегуляция паразитарных систем. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 1986; 11:8–12.
5. Черкасский Б.Л. Эпидемический процесс как система. Сообщение 1. Структура эпидемического процесса. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 1985; 3:45–51.
6. Топорков В.П. Пандемия COVID-19: продолжительность и определяющие ее факторы. В кн.: Попова А.Ю., Кутырев В.В., редакторы. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции по вопросам противодействия новой коронавирусной инфекции и другим инфекционным заболеваниям (15–16 декабря 2022 г., Санкт-Петербург). Саратов: Амирит; 2022. С. 214–5.
7. ВОЗ объявила об окончании пандемии COVID-19. [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2023/05/09/virus-neshel.html> (дата обращения 05.05.2023).
8. Коронавирус: статистика в мире. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/covid19/stat?geoid=225&ysclid=1811gbxa5w326113632> (дата обращения 08.11.2022).
9. Статистика коронавируса в мире. [Электронный ресурс]. URL: <https://gogov.ru/COVID-19/world> (дата обращения 10.03.2023).
10. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль; 1976. 367 с.
11. Emery J.C., Russell T.W., Liu Y., Hellewell J., Pearson C.A.; CMMID COVID-19 Working Group; Knight G.M., Eggo R.M., Kucharski A.J., Funk S., Flasche S., Houben R.M. The contribution of asymptomatic SARS-CoV-2 infections to transmission on the Diamond Princess cruise ship. *Elife*. 2020; 9:e58699. DOI: 10.7554/eLife.58699.
12. Кутырев В.В., Попова А.Ю., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В., Сафронов В.А., Карнаухов И.Г., Иванова А.В., Щербакова С.А. Эпидемиологические особенности новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Сообщение 1: Модели реализации профилактических и противоэпидемических мероприятий. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 1:6–13. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-1-6-13.
13. COVID – Coronavirus Statistics – Worldometer. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (дата обращения 10.10.2023).
14. Международные медико-санитарные правила (2005 г.). 3-е изд. ВОЗ, Женева; 2016. 82 с.

References

1. VirtualpressconferenceonCOVID-19. 11 March 2020. (Cited 01 Apr 2020). [Internet]. Available from: https://www.who.int/docs/default-sources/coronaviruse/transcripts/who-audio-emergencies-coronavirus-press-conference-full-and-final-11mar2020.pdf?sfvrsn=cb432bb3_2.
2. Viana R., Moyo S., Amoako D.G., Tegally H., Scheepers C., Althaus C.L., Anyaneji U.J., Bester P.A., Boni M.F., Chand M., Choga W.T., Colquhoun R., Davids M., Deforche K., Doolabh D., du Plessis L., Engelbrecht S., Everatt J., Giandhari J., Giovanetti M., Hardie D., Hill V., Hsiao N.Y., Iranzadeh A., Ismail A., Joseph C., Joseph R., Koopile L., Kosakovsky Pond S.L., Kraemer M.U.G., Kuate-Lere L., Laguda-Akingba O., Lesetedi-Mafoko O., Lessells R.J., Lockman S., Lucaci A.G., Maharaj A., Mahlangu B., Maponga T., Mahlakhwane K., Makatini Z., Marais G., Maruapula D., Masupu K., Matshaba M., Mayaphi S., Mbhele N., Mbulawa M.B., Mendes A., Mlisana K., Mnguni A., Mohale T., Moir M., Moruisi K., Mosepele M., Motsatsi G., Motswaledi M.S., Mphoyakgosi T., Msomi N., Mwangi P.N., Naidoo Y., Ntuli N., Nyaga M., Olubayo L., Pillay S., Radibe B., Ramphal Y., Ramphal U., San J.E., Scott L., Shapiro R., Singh L., Smith-Lawrence P., Stevens W., Strydom A., Subramoney K., Tebeila N., Tshiabuila D., Tsui J., van Wyk S., Weaver S., Wibmer C.K., Wilkinson E., Wolter N., Zarebski A.E., Zuze B., Goedhals D., Preiser W., Treurnicht F., Venter M., Williamson C., Pybus O.G., Bhiman J., Glass A., Martin D.P., Rambaut A., Gaseitsiwe S., von Gottberg A., de Oliveira T. Rapid epidemic expansion of the SARS-CoV-2 Omicron variant in southern Africa. *Nature*. 2022; 603(7902):679–86. DOI: 10.1038/s41586-022-04411-y.
3. Stallibrass K. [Fundamentals of Epidemiology]. Moscow; Leningrad: “Biomedgiz”; 1936. 591 p.
4. Belyakov V.D., Kaminsky G.D. [Controlled infections and self-regulation of parasitic systems]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 1986; (11):8–12.
5. Cherkassky B.L. [Epidemic process as a system. Communication 1. Structure of the epidemic process]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 1985; (3):45–51.
6. Toporkov V.P. [COVID-19 pandemic: duration and factors determining it]. In: Popova A.Yu., Kutuyev V.V., editors. [Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference on com-

bating the new coronavirus infection and other infectious diseases (December 15–16, 2022, St. Petersburg)]. Saratov: “Amirit”; 2022. P. 214–5.

7. [WHO has declared the end of the COVID-19 pandemic]. (Cited 05 May 2023). [Internet]. Available from: <https://rg.ru/2023/05/09/virus-ne-ushel.html>.

8. [Coronavirus: statistics in the world]. (Cited 08 Nov 2022). [Internet]. Available from: <https://yandex.ru/covid19/stat?geoId=225&ysclid=1811gbxa5w326113632>.

9. [Coronavirus statistics in the world]. (Cited 10 Mar 2023). [Internet]. Available from: <https://gogov.ru/covid-19/world>.

10. Chizhevsky A.L. [Earthly Echo of Solar Storms]. Moscow: “Mysl”; 1976. 367 p.

11. Emery J.C., Russell T.W., Liu Y., Hellewell J., Pearson C.A.; CMMID COVID-19 Working Group; Knight G.M., Eggo R.M., Kucharski A.J., Funk S., Flasche S., Houben R.M. The contribution of asymptomatic SARS-CoV-2 infections to transmission on the Diamond Princess cruise ship. *Elife*. 2020; 9:e58699. DOI: 10.7554/eLife.58699.

12. Kuttyrev V.V., Popova A.Yu., Smolensky V.Yu., Ezhlova E.B., Demina Yu.V., Safronov V.A., Karnaukhov I.G., Ivanova A.V.,

Shcherbakova S.A. [Epidemiological features of new coronavirus infection (COVID-19). Communication 1: Modes of implementation of preventive and anti-epidemic measures]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; (1):6–13. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-I-6-13.

13. COVID – Coronavirus Statistics – Worldometer. (Cited 10 Oct 2023). [Internet]. Available from: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>.

14. International Health regulations (2005). 3rd edition. WHO, Geneva; 2016. 82 p.

Authors:

Toporkov V.P. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”. 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

Об авторах:

Топорков В.П. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrapi@microbe.ru.