
ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2020

Закономерности эпидемического распространения SARS-CoV-2 в условиях мегаполиса

Акимкин В.Г.¹, Кузин С.Н.¹, Семенов Т.А.², Шипулина О.Ю.¹, Яцышина С.Б.¹, Тиванова Е.В.¹, Каленская А.В.¹, Соловьёва И.В.¹, Вершинина М.А.¹, Квасова О.А.¹, Плоскирева А.А.¹, Мамошина М.В.¹, Елькина М.А.¹, Клушкина В.В.¹, Андреева Е.Е.³, Иваненко А.В.⁴

¹ ФБУН «Центральный научно-исследовательский институт эпидемиологии» Роспотребнадзора, 197101, Москва, Россия;

² ФГБУ «Национальный исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почётного академика Н.Ф. Гамалеи» Минздрава России, 123098, Москва, Россия;

³ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по г. Москве, 129626, Москва, Россия;

⁴ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве», 129626, Москва, Россия

Цель исследования – изучить закономерности, свойственные эпидемическому процессу COVID-19, в условиях мегаполиса, в фазах подъёма, стабилизации и снижения заболеваемости, а также оценить эффективность противоэпидемических мероприятий.

Материал и методы. Проведено комплексное изучение распространения SARS-CoV-2 в Москве с использованием эпидемиологического, молекулярно-генетического и статистического методов исследования в период пандемии COVID-19.

Результаты и обсуждение. Показано, что применение максимально жёстких организационно-ограничительных мер в масштабах Москвы, обеспечивающих разрыв механизма передачи SARS-CoV-2, и высокая дисциплина населения по исполнению режима самоизоляции позволили не допустить экспоненциального роста заболеваемости COVID-19. Анализ динамики выявления новых случаев COVID-19 показал, что эффект от применения мер по разобщению и режима самоизоляции в условиях мегаполиса наступает через временной промежуток, равный 3,5 инкубационного периода, при его максимальной длительности 14 дней. Установлено, что показатель частоты определения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения и его динамика – важные параметры мониторинга, особенно на фазах роста и стабилизации заболеваемости COVID-19, позволяющие в перспективе 1–2 инкубационных периодов (14–28 дней) прогнозировать развитие эпидемиологической ситуации. Общий коэффициент летальности, рассчитанный за период наблюдения (06.03.2020–23.06.2020) в Москве, составил 1,73%.

Заключение. В результате проведённого эпидемиологического анализа ситуации с COVID-19 в Москве определены некоторые закономерности распространения SARS-CoV-2 и оценена эффективность противоэпидемических мероприятий, направленных на разрыв механизма передачи возбудителя.

Ключевые слова: РНК SARS-CoV-2; COVID-19; эпидемический процесс; заболеваемость; условно здоровое население.

Для цитирования: Акимкин В.Г., Кузин С.Н., Семенов Т.А., Шипулина О.Ю., Яцышина С.Б., Тиванова Е.В., Каленская А.В., Соловьёва И.В., Вершинина М.А., Квасова О.А., Плоскирева А.А., Мамошина М.В., Елькина М.А., Клушкина В.В., Андреева Е.Е., Иваненко А.В. Закономерности эпидемического распространения SARS-CoV-2 в условиях мегаполиса. *Вопросы вирусологии.* 2020; 65(4): 203-211.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-4-203-211>

Для корреспонденции: Кузин Станислав Николаевич, д-р мед. наук, проф., зав. лабораторией вирусных гепатитов ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, 197101, Москва, Россия. E-mail: drkuzin@list.ru

Участие авторов. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 17.07.2020

Принята в печать 04.08.2020

Patterns of the SARS-CoV-2 epidemic spread in a megacity

Vasily G. Akimkin¹, Stanislav N. Kuzin¹, Tatiana A. Semenenko², Olga Yu. Shipulina¹, Svetlana B. Yatsyshina¹, Elena V. Tivanova¹, Anna V. Kalenskaya¹, Irina V. Solovyova¹, Marina A. Vershinina¹, Olga A. Kvasova¹, Antonina A. Ploskireva¹, Marina V. Mamoshina¹, Mariya A. Elkina¹, Vitalina V. Klushkina¹, Elena E. Andreeva³, Alexandr V. Ivanenko⁴

¹ Central Research Institute for Epidemiology, Moscow, 197101, Russia;

² National Research Centre for Epidemiology and Microbiology named after the honorary academician N.F. Gamaleya, Moscow, 123098, Russia;

³ Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in Moscow, Moscow, 129626, Russia;

⁴ Center for Hygiene and Epidemiology in the City of Moscow, Moscow, 129626, Russia

The purpose of the study is to analyze patterns demonstrated by the COVID-19 epidemic process in a megacity during the increase, stabilization and reduction in the incidence, and to evaluate the effectiveness of the epidemic prevention measures.

Materials and methods. The comprehensive study incorporating epidemiological, molecular-genetic and statistical research methods was conducted to analyze the spread of SARS-CoV-2 in Moscow during the COVID-19 pandemic.

Results and discussion. It was found that the exponential growth in COVID-19 cases was prevented due to the most stringent control and restrictive measures deployed in Moscow to break the chains of SARS-CoV-2 transmission and due to people who were very disciplined in complying with the self-isolation rules. The analysis of the dynamics in detection of new COVID-19 cases showed that in a megacity, the impact of social distancing and self-isolation would become apparent only after 3.5 incubation periods, where the maximum length of the period is 14 days. It was discovered that the detection frequency of SARS-CoV-2 RNA in relatively healthy population and its dynamics are important monitoring parameters, especially during the increase and stabilization in the COVID-19 incidence, and are instrumental in predicting the development of the epidemic situation within a range of 1–2 incubation periods (14–28 days). In Moscow, the case fatality rate was 1.73% over the observation period (6/3/2020–23/6/2020).

Conclusion. The epidemiological analysis of the COVID-19 situation in Moscow showed certain patterns of the SARS-CoV-2 spread and helped evaluate the effectiveness of the epidemic prevention measures aimed at breaking the routes of transmission of the pathogen.

Keywords: SARS-CoV-2 RNA; COVID-19; epidemic process; incidence; relatively healthy residents.

For citation: Akimkin V.G., Kuzin S.N., Semenenko T.A., Shipulina O.Yu., Yatsyshina S.B., Tivanova E.V., Kalenskaya A.V., Solovyova I.V., Vershinina M.A., Kvasova O.A., Ploskireva A.A., Mamoshina M.V., Elkina M.A., Klushkina V.V., Andreeva E.E., Ivanenko A.V. Patterns of the SARS-CoV-2 epidemic spread in a megacity. *Problems of Virology (Voprosy Virusologii)*. 2020; 65(4): 203–211. (In Russ., in Engl.). DOI: <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-4-203-211>

For correspondence: Stanislav N. Kuzin, D. Sci. (Med.), Prof., Head Laboratory of Viral Hepatitis, Central Research Institute for Epidemiology, Moscow, Russia. E-mail: drkuzin@list.ru

Information about the authors:

Akimkin V.G., <https://orcid.org/0000-0003-4228-9044>

Kuzin S.N., <https://orcid.org/0000-0002-0616-9777>

Semenenko T.A., <http://orcid.org/0000-0002-6686-9011>

Shipulina O.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-4679-6772>

Yatsyshina S.B., <https://orcid.org/0000-0003-4737-941X>

Tivanova E.V., <https://orcid.org/0000-0003-1286-2612>

Kalenskaya A.V., <https://orcid.org/0000-0002-9126-1155>

Solovyova I.V., <https://orcid.org/0000-0002-3136-9500>

Vershinina M.A., <https://orcid.org/0000-0001-8582-5199>

Kvasova O.A., <https://orcid.org/0000-0002-4545-1804>

Ploskireva A.A., <https://orcid.org/0000-0002-3612-1889>

Mamoshina M.V., <https://orcid.org/0000-0002-1419-7807>

Elkina M.A., <https://orcid.org/0000-0003-4769-6781>

Klushkina V.V., <https://orcid.org/0000-0001-8311-8204>

Andreeva E.E., <https://orcid.org/0000-0001-6687-7276>

Ivanenko A.V., <https://orcid.org/0000-0002-7122-017X>

Contribution. The authors contributed equally to this article.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

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

Received 17 July 2020
Accepted 04 August 2020

Главной проблемой для здравоохранения большинства стран мира в 2020 г. стала пандемия COVID-19, вызванная вирусом семейства *Coronaviridae* рода *Betacoronavirus*, получившим название SARS-CoV-2 [1]. Исследования показали, что это новый вирус, который сформировался посредством естественных

природных механизмов в октябре-ноябре 2019 г. на территории Китайской Народной Республики (КНР) и, приобретя возможность связывать ACE2-рецептор человека, проник в человеческую популяцию.

Первый случай инфекции, ассоциированной с новым коронавирусом, зарегистрирован в КНР 17 ноя-

бря 2019 г. в г. Ухань у мужчины 55 лет. До конца 2019 г. в КНР были выявлены ещё 266 человек с респираторным заболеванием, которое, предположительно, связано с новым вариантом коронавируса. В самом конце декабря 2019 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) была проинформирована о вспышке «неизвестной пневмонии». В начале 2020 г. случаи нового заболевания, впоследствии названного COVID-19, начали регистрировать во многих странах мира, главным образом Европы и США [2–5]. Многочисленные смертельные исходы, ущерб здоровью людей, наносимый COVID-19, повсеместное интенсивное распространение коронавирусной инфекции послужили основанием для ВОЗ объявить 11 марта 2020 г. о пандемии [6]. На эту дату в мире было зарегистрировано 123 079 случаев COVID-19 и 4450 смертельных исходов. В России эпидемия COVID-19 стартовала существенно позже, чем в Европе, и на момент объявления пандемии были выявлены всего 18 заболевших.

Цель работы – изучить закономерности, свойственные эпидемическому процессу COVID-19, в условиях мегаполиса, в фазах подъёма, стабилизации и снижения заболеваемости, а также оценить эффективность принятых противоэпидемических мероприятий.

Материал и методы

Работа выполнена в ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора. Исследование носило комплексный характер и проведено в Москве с 06.03.2020 по 23.06.2020. Используются эпидемиологический, молекулярно-генетический и статистический методы исследования.

Для оценки динамики выявления новых случаев COVID-19 в Москве использовали данные официальной регистрации, представленные на сайте стопкоронавирус.рф.

РНК SARS-CoV-2 определяли с помощью разработанной и производимой в ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора тест-системы «Ампли-Сенс® Cov-Bat-FL» (Регистрационное удостоверение № РЗН 2014/1987 от 25.03.2020). С 6 апреля по 23 июня 2020 г. исследованы 89 097 образцов от условно здорового населения Москвы. Молекулярно-генетические исследования проводили в соответствии с Временными правилами учёта информации в целях предотвращения распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19), утверждёнными постановлением Правительства РФ от 31.03.2020 № 373; Методическими рекомендациями МР 3.1.0169-20 «Лабораторная диагностика COVID-19», утверждёнными Главным государственным санитарным врачом РФ 30.03.2020; Временными методическими рекомендациями «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19)», утверждёнными Минздравом России 08.04.2020.

Величины биномиальных доверительных интервалов (ДИ) для средних значений частоты обнаружения РНК SARS-CoV-2 рассчитывали «точным методом» Клоппера–Пирсона. ДИ для средних значений числа новых случаев COVID-19 определяли с помощью программ-

ного приложения Microsoft Excel. Динамику анализируемых показателей определяли, рассчитывая величину тенденции методом наименьших квадратов. Выраженность тенденций (рост/снижение) оценивали по критериям, предложенным В.Д. Беляковым и соавт. [7].

Результаты

За весь период наблюдения (06.03.2020–23.06.2020) в Москве зарегистрировано 216 095 случаев COVID-19 (1727,9 на 100 тыс. населения) и 3643 летальных исхода (29,1 на 100 тыс. населения).

Важно отметить, что на всех уровнях государственной власти было чёткое понимание серьёзности угрозы, поэтому первые решения по предупреждению распространения SARS-CoV-2 в Москве и в целом по стране были приняты ещё до выявления первого случая COVID-19 в Российской Федерации. Разработан комплекс документов в рамках Национального плана по предупреждению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции на территории РФ, утверждённого Председателем Правительства РФ: постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 24.01.2020 № 2 «О мероприятиях по недопущению распространения новой коронавирусной инфекции, вызванной 2019-nCoV», от 31.01.2020 № 3 «О проведении дополнительных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий по недопущению завоза и распространения новой коронавирусной инфекции, вызванной 2019-nCoV», от 02.03.2020 № 5 «О дополнительных мерах по снижению рисков завоза и распространения COVID-2019», от 13.03.2020 № 6 «О дополнительных мерах по снижению рисков распространения COVID-2019», от 18.03.2020 № 7 «Об обеспечении режима изоляции в целях предотвращения распространения COVID-2019».

В Москве также приняли ряд решений по предотвращению распространения COVID-19. Вначале (2 марта 2020 г.) был издан указ мэра Москвы, который обязывал всех граждан, прибывших из государств с неблагоприятной эпидемиологической ситуацией по COVID-19, обеспечить самоизоляцию на дому в течение 14 дней. Далее (5 марта 2020 г.) были отменены все массовые мероприятия, закрыты школы и с 26 марта по 14 апреля был введён режим самоизоляции для лиц старше 65 лет, продлённый до 14 июня 2020 г. В Москве, как наиболее вовлечённом в эпидемический процесс мегаполисе, с 30 марта был введён режим самоизоляции для всех граждан, независимо от возраста. Меры по самоизоляции в связи с улучшением эпидемической ситуации были отменены с 9 июня 2020 г.

Первый случай заболевания COVID-19 на территории РФ (в Москве) был выявлен 2 марта у туриста, вернувшегося из Италии. В последующем наблюдалось постоянное нарастание числа новых пациентов с COVID-19. Максимальное число вновь выявленных случаев отмечено в первой половине мая 2020 г., а пиковые величины составили 6703 (7 мая) и 6169 (11 мая). Со второй половины мая отмечено постепенное уменьшение количества ежедневно выявляемых новых случаев COVID-19. На 23.06.2020

общее число пациентов с COVID-19 в Москве составило 216 095 при показателе заболеваемости 1727,9 на 100 тыс. населения. Зарегистрировано 3643 летальных исхода (29,1 на 100 тыс. населения).

Анализ динамики выявления случаев COVID-19 позволил выделить несколько временных периодов, каждый из которых имел особенности, обусловленные закономерностями, присущими эпидемическому процессу COVID-19, а также влиянием принятых противоэпидемических мероприятий (табл. 1).

В начальный период развития эпидемии COVID-19 в Москве (с 6 по 24 марта 2020 г.) регистрировали случаи заболевания, как правило, у людей, возвращающихся из зарубежных поездок. В первые дни заболевших было немного – от 3 до 9 пациентов, а 7, 8 и 15 марта новых случаев не выявлено. В дальнейшем COVID-19 регистрировали ежедневно, и число новых пациентов уже достигало 54 (22 марта) и 71 (23 марта). Необходимо отметить, что на этом этапе развития эпидемии выход в популяцию SARS-CoV-2 ещё только стартовал и интенсивность эпидемического процесса была невелика. При этом общая тенденция динамики выявления новых случаев COVID-19 характеризовалась выраженным ростом (+16,4% в день), а средние показатели числа новых случаев COVID-19 составили 15,3 пациента в день и 0,1 на 100 тыс. населения соответственно.

Отличительной особенностью периода 25.03.2020–01.04.2020 стала значительная интенсификация эпидемического процесса. Ежедневно выявляли от 114 (28 марта) до 387 (31 марта) заболевших при среднем показателе новых случаев COVID-19 171,9 пациента в день, что в 13 раз больше, чем в начальный период эпидемии.

Средний показатель заболеваемости также вырос до 1,6 на 100 тыс. населения. Важно отметить, что учитывали только пациентов с клинически выраженными признаками заболевания. В это же время зарегистрированы первые случаи заражения медицинских работников. Можно предположить, что на данном этапе эпидемии сформировался базовый массив потенциальных источников инфекции (пациенты с бессимптомным течением COVID-19, которые оставались вне медицинского учёта и, соответственно, не соблюдали режим самоизоляции), что обусловило дальнейшее ускоренное распространение SARS-CoV-2 в популяции. Темпы распространения SARS-CoV-2 в этот период соответствовали выраженному росту (+12,9% в день).

В течение следующей недели (02.04.2020–08.04.2020) ежедневно выявляемое количество новых случаев COVID-19 существенно увеличилось и варьировалось от 434 (4 апреля) до 697 (7 апреля). Средний показатель составил 565,9 пациента в день, что в 2,8 раза выше, чем в предыдущие 8 дней. Важно отметить, что в этот период сохранялся выраженный рост числа новых случаев с несколько меньшей интенсивностью (+5,4% в день). Средний показатель заболеваемости увеличился в 3 раза и достиг 4,5% на 100 тыс. населения. С 06.04.2020 в Москве были начаты популяционные исследования по определению РНК SARS-CoV-2 среди условно здоровых лиц (см. рисунок). За 3 дня обследовали 180 человек, у 7 из них выявили РНК SARS-CoV-2 (3,9%; 95% ДИ 1,6–7,9), что оказалось важным прецедентом, доказывающим наличие бессимптомных форм течения COVID-19 (табл. 2).

Необходимо отметить, что выявление инфицированных лиц, не имеющих симптоматики COVID-19,

Таблица 1. Динамика средних показателей частоты диагностирования случаев и заболеваемости COVID-19 в Москве в отдельные временные интервалы с 6 марта по 23 июня 2020 г.

Table 1. The dynamic of average rates of diagnosed cases and incidence of COVID-19 in Moscow in different time intervals from March 6 to June 23, 2020

Временной интервал Time interval	Средний показатель на 100 тыс. населения Incidence rate per 100 thousand population	Среднее число выявленных пациентов с COVID-19 в день, % (95% доверительный интервал) Average number of daily detected COVID-19 cases, % (95% confidence interval)	Тенденция роста/снижения в день, % Upward/downward trend of daily cases, %
6–24 марта March 6–24	0,1	15,3 (13,0–17,5)	+16,4
25 марта – 1 апреля March 25 – April 1	1,6	171,9 (168,7–175,0)	+12,9
2–8 апреля April 2–8	4,5	565,9 (562,8–569,0)	+5,4
9–16 апреля April 9–16	10,1	1288,1 (1282,6–1293,6)	+6,4
17 апреля – 1 мая April 17 – May	22,0	2743,6 (2738,5–2748,7)	+0,9
2–15 мая May 2–15	44,8	5583,1 (5579,1–5587,2)	-1,3
16–23 мая May 16–23	26,1	3241,6 (3237,0–3246,2)	-2,8
24 мая – 4 июня May 24 – June 4	18,6	2318,1 (2,314,8–2321,4)	-1,7
5–15 июня June 5–15	13,2	1640,9 (1636,8–1645,0)	-3,7
16–23 июня June 16–23	8,9	1103,9 (1101,1–1106,7)	-2,3

исключительно важно с эпидемиологической точки зрения, так как позволяет выявить скрытые и активные источники инфекции, благодаря которым поддерживается высокая активность эпидемического процесса.

В следующие 8 дней (4–16 апреля) количество ежедневно регистрируемых новых случаев COVID-19 существенно возросло, в первую очередь за счёт активно выявляемых пациентов с бессимптомным течением заболевания. Минимум/максимум зарегистрированы 9 и 15 апреля – 857 и 1774 пациента соответственно. Средний показатель достиг 1288,1 пациента в день, а темп роста в этот период составил +6,4% в день. За этот период в Москве обследованы в общей сложности 6624 человека (условно здоровое население), у 510 (7,7%) из них выявлена РНК SARS-CoV-2. В конце данного периода (16 апреля) зарегистрирована максимальная частота обнаружения РНК SARS-CoV-2 – 11,9%. Динамика этого показателя характеризовалась умеренным ростом (+2,4% в день), что дало основания предполагать дальнейшую интенсификацию эпидемического процесса COVID-19 (см. рисунок).

Период 17.04.2020–01.05.2020 характеризовался осложнением эпидемиологической ситуации, что можно было прогнозировать, учитывая динамику анализируемых показателей за предыдущий период. Так, среднее число ежедневно выявляемых случаев COVID-19 составило 2743,6 в день, что в 2,2 раза выше, чем в предыдущий период, а средняя частота определения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения достигла максимального значения – 9,1%. Следует отметить, что в этот период зафиксированы наиболее высокие за всё время наблюдения показатели частоты определения РНК SARS-CoV-2

среди условно здорового населения Москвы: 10,3% (19 апреля), 11,0% (17 апреля) и 11,9% (21 апреля). Основной рост числа пациентов с COVID-19 зарегистрирован в первые дни этого периода (17–19 апреля), когда были выявлены соответственно 1959, 2649 и 3570 больных. В последующие дни количество новых случаев COVID-19 варьировалось от 1959 (23 апреля) до 3561 (1 мая). В этот период впервые зафиксировано изменение тенденции к выраженному росту числа новых случаев COVID-19 до стабильного уровня (+0,9% в день). Вместе с тем в последние дни этого периода прошли так называемые шашлычные выходные, что привело к многочисленным контактам людей и, возможно, послужило причиной значительного роста числа новых случаев COVID-19.

С 2 по 15 мая 2020 г. среднее число ежедневно выявляемых пациентов с COVID-19 увеличилось до 5583,1 в день, что в 2 раза больше, чем в предыдущий период. Рост отмечен с 1 на 2 мая (3561 и 5358 пациентов соответственно); очевидно, это связано с массовым нарушением режима самоизоляции в последние дни апреля. 7 и 11 мая зарегистрировано рекордное количество пациентов с COVID-19 – 6703 и 6169 соответственно. Вместе с тем впервые документировано снижение числа пациентов с COVID-19 (-1,3% в день), что соответствует умеренному темпу. При этом отмечено уменьшение средней частоты обнаружения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения до 7,2% при тенденции к умеренному снижению -4,0% в день.

С 16 по 23 мая 2020 г. впервые снизилось (причём существенно, на 41,8%) среднее количество выявляемых пациентов (3241,6 в день) при сохранении

Таблица 2. Динамика частоты обнаружения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения Москвы в отдельные временные интервалы с 2 апреля по 23 июня 2020 г.

Table 2. The dynamic of SARS-CoV-2 RNA detection frequency among the conditionally healthy population in Moscow for the period from April 2 to June 23, 2020

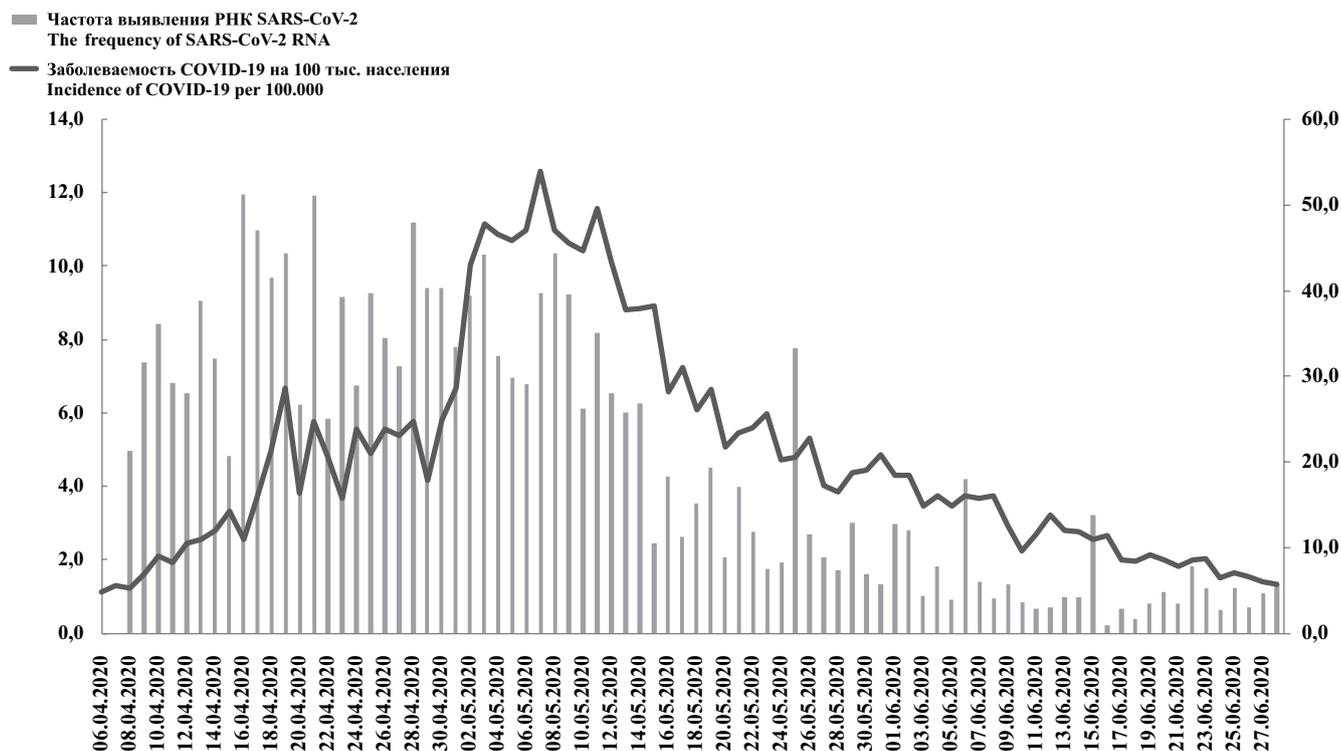
Временной интервал Time interval	<i>n</i>	Средняя частота выявления РНК SARS-CoV-2, % (95% доверительный интервал) Average SARS-CoV-2 RNA detection rate, % (95% confidence interval)	Тенденция роста/снижения в день, % Upward/downward trend of daily cases, %
2–8 апреля April 2–8	180	3,9* (1,6–7,9)	–**
9–16 апреля April 9–16	6624	7,7 (7,1–8,4)	+2,4
17 апреля – 1 мая April 17 – May 1	12 607	9,1 (8,6–9,6)	-0,7
2–15 мая May 2–15	13 469	7,2 (6,8–7,7)	-4,0
16–23 мая May 16–23	9841	3,1 (2,8–3,5)	-5,8
24 мая – 4 июня May 24 – June 4	18 283	2,4 (2,2–2,7)	-1,9
5–15 июня June 5–15	16 702	1,2 (1,0–1,4)	-2,3
16–23 июня June 16–23	9127	0,8 (0,6–1,0)	+16,4

Примечание. * РНК SARS-CoV-2 определяли 06.04.2020–08.04.2020; ** динамику частоты определения РНК SARS-CoV-2 не рассчитывали.

Note. * Tests for SARS-CoV-2 RNA were performed on 6/4/2020–8/4/2020; ** The dynamics of detection frequency for SARS-CoV-2 RNA was not estimated.

Частота выявления РНК SARS-CoV-2, %
The frequency of SARS-CoV-2 RNA detection, %

Заболееваемость COVID-19 на 100 тыс. населения
Incidence of COVID-19 per 100.000



Частота выявления РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения и заболеваемость COVID-19 в Москве с 06.04.2020 по 28.06.2020.

The SARS-CoV-2 RNA detection frequency among relatively healthy residents and COVID-19 incidence in Moscow from 6/4/2020 to 28/6/2020.

умеренной тенденции к снижению числа ежедневно выявляемых пациентов (-2,8% в день). Можно констатировать, что на фоне соблюдения режима самоизоляции развитие эпидемии COVID-19 в Москве приобрело устойчивый регрессивный характер. Средняя частота обнаружения РНК SARS-CoV-2 также существенно снизилась и составила 3,1% при ускорении тенденции к снижению, достигнутому -5,8% в день (выраженное снижение).

С 24 мая по 4 июня 2020 г. число выявляемых случаев COVID-19 продолжило снижаться с умеренной интенсивностью (-1,7% в день), средний показатель составил 2318,1 в день, что на 28,5% меньше, чем в предыдущий период. Средняя частота обнаружения РНК SARS-CoV-2 также снизилась (2,4%).

Период с 5 по 15 июня также характеризовался снижением среднего числа выявленных случаев COVID-19 и средней частоты обнаружения РНК SARS-CoV-2, составившими 1640,9 в день и 1,2% соответственно. Для обоих показателей снижение было умеренным и составляло -3,7 и -2,3% в день соответственно.

В заключительный временной интервал анализируемого периода (16.06.2020–23.06.2020) также зафиксировано снижение средних показателей. Среднее

число новых случаев COVID-19 составило 1103,9 в день, РНК SARS-CoV-2 выявлена в 0,8% случаев среди условно здоровой популяции. Динамика числа новых случаев COVID-19 характеризовалась умеренным снижением (-2,3% в день), но для показателя частоты определения РНК SARS-CoV-2 тенденция сменилась на противоположную – зафиксирован выраженный рост (+16,4% в день). Вместе с тем такой рост на фоне стабильного снижения как числа новых случаев COVID-19, так и удельного веса лиц с РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения при его низком среднем значении (0,8%) может быть не столь значимым показателем. Следует отметить, что средний показатель заболеваемости в этот период составил 8,9 на 100 тыс. населения, что нужно расценивать как относительно высокий уровень, особенно с учётом незначительных темпов снижения.

Обсуждение

Эпидемия COVID-19, продолжающаяся в настоящее время в Российской Федерации, стала наиболее значимым событием 2020 г. Уже сейчас можно констатировать, что здоровью населения страны нанесён огромный ущерб, а масштаб экономических потерь и связанное с ними падение уровня жизни ещё предстоит оценить.

В динамике нарастания случаев COVID-19 в Москве можно отметить, с одной стороны, относительно невысокий темп (не было экспоненциального роста), а с другой – несколько скачкообразных подъёмов с резким увеличением числа новых случаев заболевания. Наиболее значительные подъёмы зафиксированы с 16 на 17 апреля (с 1370 до 1959 новых случаев COVID-19) и с 1 на 2 мая 2020 г. (с 3561 до 5358 случаев). Важно отметить, что в это время уже проводили исследования среди условно здорового населения и значительное количество выявленных пациентов не имели симптоматики COVID-19 (до 40% в отдельные дни). Опыт активного выявления пациентов с бессимптомным течением COVID-19 с помощью тестирования на РНК SARS-CoV-2 с последующим их переводом в режим самоизоляции показал, что это высокоэффективный инструмент ограничения распространения вируса. В ранее опубликованном нашем сообщении высказывалось мнение, что мониторинг в ежедневном режиме показателя удельного веса лиц с РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения может быть важным элементом системы эпидемиологического надзора за COVID-19 [8].

Необходимо отметить, что, несмотря на режим самоизоляции, в Москве значительное количество людей вынужденно выходят на работу, обеспечивая необходимый уровень жизнедеятельности города, пользуются общественным транспортом, посещают магазины и аптеки, неизбежно контактируя с источниками инфекции. При этом столь высокая частота инфицированных (каждый 13-й) в условно здоровой популяции, очевидно, обеспечивает интенсификацию эпидемического процесса и дальнейший рост числа новых случаев заболевания. Есть основания полагать, что пациенты с бессимптомным течением COVID-19, которых невозможно было выявить, невольно послужили движущей силой для дальнейшего распространения SARS-CoV-2. Вместе с тем значительные объёмы тестирования на РНК SARS-CoV-2 в Москве позволили в перспективе существенно уменьшить уровень циркуляции вируса и обусловили общее снижение числа новых случаев COVID-19. Такие исследования позволяют получить положительный эффект, который проявится по прошествии времени и определяется степенью охвата и инкубационным периодом COVID-19. Согласно сегодняшним представлениям, основанным на предварительных расчётах, длительность инкубационного периода COVID-19 составляет от 0 до 14 дней, притом, что ряд авторов допускают его большую продолжительность [9, 10].

Есть основания утверждать, что на развитие эпидемии COVID-19 в Москве оказали значительное влияние своевременно принятые противоэпидемические меры, в основе которых – социальное разобщение и самоизоляция. В результате в Москве не было взрывообразного роста заболеваемости и за счёт связанного с этим выигрыша во времени удалось подготовить медицинскую инфраструктуру для оказания профессиональной и эффективной помощи заболевшим. На фоне режима самоизоляции переломный момент

в развитии эпидемии COVID-19 в Москве, по нашему мнению, наступил 16 мая 2020 г., когда зафиксировали первое существенное уменьшение числа новых случаев с 4748 до 3505 со стабилизацией на достигнутом уровне и последующим снижением. Можно констатировать, что снижение показателей заболеваемости COVID-19, обусловленное предпринятыми противоэпидемическими мерами началось через временной промежуток, равный 3,5 максимального инкубационного периода, который в настоящее время принимается за 14 дней [9].

По нашему мнению, частота обнаружения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения в период текущей эпидемии COVID-19, – весьма информативный параметр мониторинга эпидемиологической ситуации. Этот показатель даёт важную информацию об удельном весе лиц с бессимптомным течением заболевания, которые являются скрытыми источниками инфекции. По динамике его изменения можно обоснованно судить об интенсивности эпидемического процесса, о направлении его развития в перспективе 1–2 инкубационных периодов и об эффективности противоэпидемических мероприятий.

В настоящее время эпидемиологический анализ ситуации по COVID-19 вынужденно сопряжён с некоторыми допущениями, обусловленными отсутствием точных количественных характеристик эпидемического процесса. Так, имеются указания на то, что максимальная длительность инкубационного периода может превышать 14 дней [9]. Кроме того, известны только предварительные расчёты базового репродуктивного числа (R_0) – основной величины, характеризующий эпидемический потенциал источника инфекции при COVID-19. По данным разных исследователей, R_0 варьирует от 2,2 до 4,7 [11–15].

Важной характеристикой тяжести последствий эпидемии COVID-19 является общий коэффициент летальности (CFR), который обозначает удельный вес летальных исходов по отношению к общему числу пациентов с этим заболеванием. Для Москвы он составил 1,73%. Необходимо отметить, что сегодня на фоне пандемии величина этого коэффициента для COVID-19 в разных странах значительно различается, это связано с особенностями регистрации пациентов и установления причин смерти [16]. Так, в КНР общий CFR составил 1,38% [17, 18]. В обзоре Е. Руса и соавт. [19] приведены величины CFR, рассчитанные для 11 европейских стран. Максимальные значения составили 4,6–4,8% (Албания, Болгария, Греция), тогда как минимальные – 1,4–1,5% (Черногория, Хорватия). В Канаде и США скорректированные CFR составили 1,6 и 1,78% соответственно [20].

Уже сейчас можно констатировать, что пандемия COVID-19 нанесла огромный ущерб здоровью населения многих стран мира, в том числе и России, притом, что спрогнозировать время её окончания невозможно. В конце июня 2020 г. появились сообщения об активизации эпидемического процесса COVID-19 в некоторых странах (в Германии, Южной Корее, Испании), где, казалось бы, проблема была решена.

Кроме того, многие специалисты считают весьма вероятной вторую волну эпидемии COVID-19 [21–24].

Значительное улучшение эпидемиологической ситуации в Москве позволило снять режим самоизоляции и рекомендовать гражданам соблюдать социальную дистанцию в транспорте, магазинах и других общественных местах, использовать маски и перчатки. Вынужденное применение жёстких мер социального разобщения привело к ряду проблем медицинского и социального порядка, тяжесть которых ещё только предстоит оценить. К их числу следует отнести стресс, который испытали дисциплинированные граждане, находящиеся в самоизоляции. Последствиями такого стресса стали обострение хронических заболеваний, снижение естественной резистентности организма, развитие депрессивных состояний. В настоящий момент трудно оценить масштаб проблемы, поскольку эпидемия в России, в том числе в Москве, продолжается, несмотря на очевидное снижение остроты ситуации.

Выводы

Основываясь на динамике частоты регистрации новых случаев COVID-19 и результатов активного выявления РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения, можно сделать несколько выводов.

1. Своевременное принятие максимально жёстких организационно-ограничительных мер в Москве, обеспечивающих разрыв механизма передачи SARS-CoV-2, и высокая дисциплина населения по исполнению режима самоизоляции позволили не допустить экспоненциального роста заболеваемости COVID-19, как это было во многих странах [24–27].

2. Эффект мер по разобщению и режима самоизоляции в условиях мегаполиса наступает через временной промежуток, равный 3,5 инкубационных периода, максимальная длительность которого – 14 дней.

3. Исследования по определению РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения на фазах подъёма и стабилизации (плато) заболеваемости COVID-19 являются важной противоэпидемической мерой, способствующей выявлению людей с бессимптомными формами заболевания и переводу их в режим самоизоляции, что позволяет значительно уменьшить количество скрытых источников инфекции.

4. Частота определения РНК SARS-CoV-2 среди условно здорового населения и её динамика являются важными параметрами мониторинга, особенно на фазах роста и стабилизации заболеваемости COVID-19, как предиктор развития эпидемиологической ситуации.

5. На основании оценки динамики нарастания числа новых случаев COVID-19 в Москве можно предположить, что длительность инкубационного периода COVID-19 у некоторой части пациентов превышает 14 дней.

6. Общий коэффициент летальности, рассчитанный в период с начала эпидемии до 23.06.2020 на фоне постепенного снижения числа новых случаев COVID-19 в Москве, составил 1,73%.

Тот факт, что за короткий промежуток времени (с 2002 по 2019 г.) трижды возникли тяжёлые эпиде-

мические ситуации, связанные с рекомбинантными вариантами коронавирусов, причём не только в КНР, но и в Саудовской Аравии (MERS), даёт основания с высокой степенью вероятности предполагать, что в последующем подобные ситуации могут воспроизводиться. Полученный опыт может быть полезен для купирования будущих вспышек, так как отработаны необходимые мероприятия и их реализация станет легче. Однако для предотвращения ситуаций, подобных пандемии, нужен системный подход, в основе которого будут результаты фундаментальных исследований по изучению эволюции вирусов внутри семейств и родов [28].

ЛИТЕРАТУРА

- Lu R., Zhao X., Li J., Niu P., Yang B., Wu H., et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet*. 2020; 395(10224): 565-74. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30251-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30251-8)
- Romagnani P., Gnone G., Guzzi F., Negrini S., Guastalla A., Annunziato F., et al. The COVID-19 infection: lessons from the Italian experience. *J. Public Health Policy*. 2020; 41(3): 238-44. DOI: <http://doi.org/10.1057/s41271-020-00229-y>
- Sebastiani G., Massa M., Riboli E. Covid-19 epidemic in Italy: evolution, projections and impact of government measures. *Eur. J. Epidemiol.* 2020; 35(4): 341-5. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10654-020-00631-6>
- Rothe C., Schunk M., Sothmann P., Bretzel G., Froeschl G., Wallrauch C., et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(10): 970-1. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMc200146>
- Holshue M.L., DeBolt C., Lindquist S., Lofy K.H., Wiesman J., Bruce H., et al. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(10): 929-36. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMoa2001191>
- WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51. Available at: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf>
- Беляков В.Д., Дегтярев А.А., Иванников Ю.Г. *Качество и эффективность противоэпидемических мероприятий*. Л.: Медицина; 1981.
- Акимкин В.Г., Кузин С.Н., Шипулина О.Ю., Яцышина С.Б., Тиванова Е.В., Каленская А.В. и др. Эпидемиологическое значение определения РНК SARS-CoV-2 среди различных групп населения Москвы и Московской области в период эпидемии COVID-19. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2020; 97(3): 197-201. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-3-197-201>
- Lauer S.A., Grantz K.H., Bi Q., Jones F.K., Zheng Q., Meredith H.R., et al. The incubation period of coronavirus disease 2019 (Covid-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Ann. Intern. Med.* 2020; 172(9): 577-82. DOI: <http://doi.org/10.7326/M20-0504>
- Backer J.A., Klinkenberg D., Wallinga J. Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travelers from Wuhan, China, 20–28 January 2020. *Euro Surveill.* 2020; 25(5): 2000062. DOI: <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.5.2000062>
- Liu T., Hu J., Kang M., Lin L., Zhong H., Xiao J., et al. Transmission dynamics of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *J. Med. Virol.* 2020; 92(5): 501-11. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.25.919787>
- Read J.M., Bridgen J.R.E., Cummings D.A.T., Ho A., Jewell C.P. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. *medRxiv*. 2020. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.23.20018549>
- Riou J., Althaus C.L. Pattern of early human-to-human transmission of Wuhan 2019 novel coronavirus (2019-nCoV), December 2019 to January 2020. *Euro Surveill.* 2020; 25(4): 2000058. DOI: <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.4.2000058>
- Shen M., Peng Z., Xiao Y., Zhang L. Modelling the epidemic trend of the 2019 novel coronavirus outbreak in China. *bioRxiv*. 2020. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.23.916726>
- Wu J.T., Leung K., Leung G.M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *Lancet*. 2020; 395(10225): 689-97. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30260-9](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30260-9)
- Randolph H.E., Barreiro L.B. Herd Immunity: Understanding COVID-19. *Immunity*. 2020; 52(5): 737-41. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.immuni.2020.04.012>

17. Verity R., Okell L.C., Dorigatti I., Winskill P., Whittaker C., Imai N., et al. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *Lancet Infect. Dis.* 2020; 20(6): 669-77. DOI: <http://doi.org/10.1016/S1473>
18. Wu J.T., Leung K., Bushman M., Kishore N., Niehus R., de Salazar P.M., et al. Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nat. Med.* 2020; 26(4): 506-10. DOI: [http://doi.org/10.1038/s41591-020-0822-7-3099\(20\)30243-7](http://doi.org/10.1038/s41591-020-0822-7-3099(20)30243-7)
19. Puca E., Čivljak R., Arapović J., Popescu C., Christova I., Raka L., et al. Short epidemiological overview of the current situation on Covid-19 pandemic in Southeast European (SEE) countries. *J. Infect. Dev. Ctries.* 2020; 14(5): 433-7. DOI: <http://doi.org/10.3855/jidc.12814>
20. Abdollahi E., Champredon D., Langley J.M., Galvani A.P., Moghadas S.M. Temporal estimates of case-fatality rate for COVID-19 outbreaks in Canada and the United States. *CMAJ.* 2020; 192(25): E666-70. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.200711>
21. Xu S., Li Y. Beware of the second wave of COVID-19. *Lancet.* 2020; 395(10233): 1321-2. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30845-X](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30845-X)
22. de Brouwer R., van Veldhuisen D.J., de Boer R.A. Surviving the first COVID-19 wave and learning lessons for the second. *Eur. J. Heart Fail.* 2020; 22(6): 975-7. DOI: <http://doi.org/10.1002/ehf.1938>
23. Vogel L. Is Canada ready for the second wave of COVID-19? *CMAJ.* 2020; 192(24): E664-5. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.1095875>
24. Ceylan Z. Estimation of COVID-19 Prevalence in Italy, Spain, and France. *Sci. Total Environ.* 2020; 729: 138817. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138817>
25. Li Q., Guan X., Wu P., Wang X., Zhou L., Tong Y., et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(13): 1199-207. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316>
26. Chatterjee A., Gerdes M.W., Martinez S.G. Statistical Explorations and Univariate timeseries analysis on COVID-19 datasets to understand the trend of disease spreading and death. *Sensors (Basel).* 2020; 20(11): 3089. DOI: <http://doi.org/10.3390/s20113089>
27. Abdollahi E., Champredon D., Langley J.M., Galvani A.P., Moghadas S.M. Temporal estimates of case-fatality rate for COVID-19 outbreaks in Canada and the United States. *CMAJ.* 2020; 192(25): E666-70. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.200711>
28. Львов Д.К., Альховский С.В. Истоки пандемии COVID-19: экология и генетика коронавирусов (Betacoronavirus: Coronaviridae) SARS-CoV, SARS-CoV-2 (подрод Sarbecovirus), MERS-CoV (подрод Merbecovirus). *Вопросы вирусологии.* 2020; 65(2): 62-70. DOI: <http://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-2-62-70>
9. Lauer S.A., Grantz K.H., Bi Q., Jones F.K., Zheng Q., Meredith H.R., et al. The incubation period of coronavirus disease 2019 (Covid-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Ann. Intern. Med.* 2020; 172(9): 577-82. DOI: <http://doi.org/10.7326/M20-0504>
10. Backer J.A., Klinkenberg D., Wallinga J. Incubation period of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infections among travelers from Wuhan, China, 20–28 January 2020. *Euro Surveill.* 2020; 25(5): 2000062. DOI: <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.5.2000062>
11. Liu T., Hu J., Kang M., Lin L., Zhong H., Xiao J., et al. Transmission dynamics of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). *J. Med. Virol.* 2020; 92(5): 501-11. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.25.919787>
12. Read J.M., Bridgen J.R.E., Cummings D.A.T., Ho A., Jewell C.P. Novel coronavirus 2019-nCoV: early estimation of epidemiological parameters and epidemic predictions. *medRxiv.* 2020. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.23.20018549>
13. Riou J., Althaus C.L. Pattern of early human-to-human transmission of Wuhan 2019 novel coronavirus (2019-nCoV), December 2019 to January 2020. *Euro Surveill.* 2020; 25(4): 2000058. DOI: <http://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2020.25.4.2000058>
14. Shen M., Peng Z., Xiao Y., Zhang L. Modelling the epidemic trend of the 2019 novel coronavirus outbreak in China. *bioRxiv.* 2020. DOI: <http://doi.org/10.1101/2020.01.23.916726>
15. Wu J.T., Leung K., Leung G.M. Nowcasting and forecasting the potential domestic and international spread of the 2019-nCoV outbreak originating in Wuhan, China: a modelling study. *Lancet.* 2020; 395(10225): 689-97. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30260-9](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30260-9)
16. Randolph H.E., Barreiro L.B. Herd Immunity: Understanding COVID-19. *Immunity.* 2020; 52(5): 737-41. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.immuni.2020.04.012>
17. Verity R., Okell L.C., Dorigatti I., Winskill P., Whittaker C., Imai N., et al. Estimates of the severity of coronavirus disease 2019: a model-based analysis. *Lancet Infect. Dis.* 2020; 20(6): 669-77. DOI: <http://doi.org/10.1016/S1473>
18. Wu J.T., Leung K., Bushman M., Kishore N., Niehus R., de Salazar P.M., et al. Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nat. Med.* 2020; 26(4): 506-10. DOI: [http://doi.org/10.1038/s41591-020-0822-7-3099\(20\)30243-7](http://doi.org/10.1038/s41591-020-0822-7-3099(20)30243-7)
19. Puca E., Čivljak R., Arapović J., Popescu C., Christova I., Raka L., et al. Short epidemiological overview of the current situation on Covid-19 pandemic in Southeast European (SEE) countries. *J. Infect. Dev. Ctries.* 2020; 14(5): 433-7. DOI: <http://doi.org/10.3855/jidc.12814>
20. Abdollahi E., Champredon D., Langley J.M., Galvani A.P., Moghadas S.M. Temporal estimates of case-fatality rate for COVID-19 outbreaks in Canada and the United States. *CMAJ.* 2020; 192(25): E666-70. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.200711>
21. Xu S., Li Y. Beware of the second wave of COVID-19. *Lancet.* 2020; 395(10233): 1321-2. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30845-X](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30845-X)
22. de Brouwer R., van Veldhuisen D.J., de Boer R.A. Surviving the first COVID-19 wave and learning lessons for the second. *Eur. J. Heart Fail.* 2020; 22(6): 975-7. DOI: <http://doi.org/10.1002/ehf.1938>
23. Vogel L. Is Canada ready for the second wave of COVID-19? *CMAJ.* 2020; 192(24): E664-5. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.1095875>
24. Ceylan Z. Estimation of COVID-19 Prevalence in Italy, Spain, and France. *Sci. Total Environ.* 2020; 729: 138817. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138817>
25. Li Q., Guan X., Wu P., Wang X., Zhou L., Tong Y., et al. Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus-infected pneumonia. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(13): 1199-207. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMoa2001316>
26. Chatterjee A., Gerdes M.W., Martinez S.G. Statistical Explorations and Univariate timeseries analysis on COVID-19 datasets to understand the trend of disease spreading and death. *Sensors (Basel).* 2020; 20(11): 3089. DOI: <http://doi.org/10.3390/s20113089>
27. Abdollahi E., Champredon D., Langley J.M., Galvani A.P., Moghadas S.M. Temporal estimates of case-fatality rate for COVID-19 outbreaks in Canada and the United States. *CMAJ.* 2020; 192(25): E666-70. DOI: <http://doi.org/10.1503/cmaj.200711>
28. L'vov D.K., Al'khovskiy S.V. Source of the COVID-19 pandemic: ecology and genetics of coronaviruses (Betacoronavirus: Coronaviridae) SARS-CoV, SARS-CoV-2 (subgenus Sarbecovirus), and MERS-CoV (subgenus Merbecovirus). *Voprosy virusologii.* 2020; 65(2): 62-70. DOI: <http://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-2-62-70> (in Russian)

REFERENCES

1. Lu R., Zhao X., Li J., Niu P., Yang B., Wu H., et al. Genomic characterization and epidemiology of 2019 novel coronavirus: implications for virus origins and receptor binding. *Lancet.* 2020; 395(10224): 565-74. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30251-8](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30251-8)
2. Romagnani P., Gnone G., Guzzi F., Negrini S., Guastalla A., Annunziato F., et al. The COVID-19 infection: lessons from the Italian experience. *J. Public Health Policy.* 2020; 41(3): 238-44. DOI: <http://doi.org/10.1057/s41271-020-00229-y>
3. Sebastiani G., Massa M., Riboli E. Covid-19 epidemic in Italy: evolution, projections and impact of government measures. *Eur. J. Epidemiol.* 2020; 35(4): 341-5. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10654-020-00631-6>
4. Rothe C., Schunk M., Sothmann P., Bretzel G., Froeschl G., Wallrauch C., et al. Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(10): 970-1. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMc200146>
5. Holshue M.L., DeBolt C., Lindquist S., Lofy K.H., Wiesman J., Bruce H., et al. First case of 2019 novel coronavirus in the United States. *N. Engl. J. Med.* 2020; 382(10): 929-36. DOI: <http://doi.org/10.1056/NEJMoa2001191>
6. WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51. Available at: <https://www.who.int/docs/default-source/coronavirus/situation-reports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf>
7. Belyakov V.D., Degtyarev A.A., Ivannikov Yu.G. *The Quality and Effectiveness of Anti-Epidemic Measures [Kachestvo i effektivnost' protivoepidemicheskikh meropriyatiy]*. Leningrad: Meditsina; 1981. (in Russian)
8. Akimkin V.G., Kuzin S.N., Shipulina O.Yu., Yatsyshina S.B., Tivanova E.V., Kalenskaya A.V., et al. Epidemiological significance of detection of SARS-CoV-2 RNA among different groups of population of Moscow and Moscow Region during the COVID-19 outbreak. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii.* 2020; 97(3): 197-201. DOI: <http://doi.org/10.36233/0507-4088-2020-65-2-62-70> (in Russian)