

Особенности и интенсивность распространения COVID-19 в странах большой экономики

Виктор Михайлович Четвериков

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия

Цель автора данной статьи выяснить с использованием математико-статистического инструментария особенности и интенсивность распространения COVID-19 в странах большой экономики. По данным международной статистики проведен предварительный анализ географии и темпов распространения вирусной пандемии, охватившей в 2020 г. практически весь мир, на примере 24 стран, каждая из которых хотя бы один год с 1980 по 2019 г. производила более 1% мирового ВВП.

Предложено сгруппировать данные по этим странам на три типа сценария с делением их на несколько вариантов. В работе использованы временные ряды по трем показателям, рассчитываемым на 1 млн населения страны. Два показателя отражают, соответственно, уровни инфицированности и заболеваемости коронавирусом, а третий – ежедневное приращение инфицированных. Такая система показателей позволяет, по мнению автора, адекватно определять возникающие тренды и удобна для сравнения особенностей и интенсивности распространения пандемии в разных странах.

Высказана гипотеза о возможных причинах синхронизации трендов для различных стран, в которых реализовался один и тот же тип сценария. Показано, что часто используемый показатель летальности в условиях, далеких от окончания пандемии, является малоинформативным. Более наглядным показателем мобилизационной способности системы здравоохранения в целом в условиях глобальных вызовов является показатель смертности инфицированных людей на 1 млн населения страны. Ранжирование всех 24 стран по этому показателю существенно отличается от ранжирования по Глобальному индексу безопасности здравоохранения, опубликованному в 2019 г.

После заключения в приложении к статье приводятся иллюстрации в виде графиков распространения пандемии по рассмотренным странам, а также краткая информация об особенностях организации работы по борьбе с опаснейшей инфекцией в Республике Корея, отличной как от временных, но жестких ограничений для населения в КНР, так и в сравнительно мягкой форме во многих странах мира.

Ключевые слова: пандемия коронавируса, социально-экономическая статистика, медицинская статистика, ВВП, математико-статистические методы, временные ряды, тренд, оценка летальности.

JEL: C22, C25, C82, E01, J10.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-6-86-104>.

Для цитирования: Четвериков В.М. Особенности и интенсивность распространения COVID-19 в странах большой экономики. 2020;27(6):86-104.

Unique Features and Intensity of COVID-19 Spread in Large Economies

Victor M. Chetverikov

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

The article focuses on determining the unique features and intensity of Covid-19 spread in large economies, using mathematical and statistical tools. According to international statistics and using the example of 24 countries, each producing more than 1% of the world GDP at least one year between 1980 and 2019, the author carried out a preliminary analysis of geographical distribution and spread of the viral pandemic, that in 2020 overtook almost the whole world.

It is suggested the data for these countries be grouped into three types of scenarios, dividing them into several options. The work uses time series for three indicators, calculated per 1 million of the country's population. Two of these indicators reflect, respectively, the levels of infection and incidence of coronavirus cases, and the third - daily growth of COVID-19 cases. Such a system of indicators allows, according to the author, to adequately determine emerging trends and is convenient for comparing the unique features and intensity pandemic spread in different countries.

The article presents a hypothesis about the possible reasons for the synchronization of trends for different countries in which the same type of scenario came true. It is demonstrated that the often-used case-fatality rate is not very informative in conditions when the pandemic is far from ending. A more illustrative indicator of healthcare system mobilization capacity as a whole in the face of global challenges is the infection fatality rate per 1 million of the country's population. The ranking of all 24 countries by this indicator significantly differs from the Global Health Security Index ranking, published in 2019.

After the conclusion, in the appendix to the article, the author provides illustrations in the form of graphs tracking the pandemic spread in the countries under review, as well as brief information on particular aspects of the Republic of Korea response to managing and combatting the most dangerous infection, which is different from both temporary but harsh restrictive measures for the population in the PRC and relatively mild measures implemented in many countries of the world.

Keywords: coronavirus pandemic, socio-economic statistics, medical statistics, GDP, mathematical and statistical methods, time series, trend, case fatality estimate.

JEL: C22, C25, C82, E01, J10.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2020-27-6-86-104>.

For citation: Chetverikov V.M. Unique Features and Intensity of Covid-19 Spread in Large Economies. *Voprosy Statistiki*. 2020;27(6): 86-104. (In Russ.)

Введение

Пандемия (глобальная эпидемия) коронавируса 2020 г. охватила практически все страны. На 20 октября в них было зарегистрировано свыше 40,5 млн случаев заболевания, умерло более 1,12 млн человек¹. Распространение пандемии продолжается, единого мнения об особенностях данного заболевания у эпидемиологов не сложилось, и говорить сейчас о существовании успешно действующей вакцины пока рано. Из публикуемых сообщений о динамике распространения эпидемии видно, что в каждой стране она развивается по-своему. Возможно, что на это оказывают влияние различие климата и привычного уклада жизни, концентрация плотности населения в отдельных регионах и уровень их материального обеспечения. К настоящему моменту не было предложено математической модели, позволяющей описывать все разнообразие сценариев развития пандемии путем подбора небольшого количества характерных параметров [1-5]. Предлагаем остановиться на сценариях распространения эпидемии в таких странах, которые оказывают значительное влияние на мировую экономику. Эти страны по своим экономическим возможностям имеют развитую систему здравоохранения, действия которой существенно влияют на течение процесса. Поэтому картина распространения эпидемии в каждой стране во многом зависит от мобилизационной политики государства в чрезвычайных условиях.

Для предварительного исследования предлагается выбрать группу стран из разных континентов, имеющих значительный «экономический вес» и политическое влияние в течение длительного времени. Будем называть группу стран А1(Ζ) странами большой экономики в году Ζ, если ВВП каждой из этих стран составляет более 1% мирового ВВП того же года Ζ. Каждый год, начиная с 1980 г., в эту группу входили от 15 до 19 стран, и их совокупный ВВП составлял в разные годы от 77 до 85% от мирового ВВП. В последние пять лет их суммарный ВВП был на низшем уровне 77-78%. Назовем группу стран А1 расширенной группой стран большой экономики, если она образована из всех стран А1(Ζ) за все годы Ζ от 1980 по 2019 г. Таких стран оказалось 24, и именно о них и будет идти речь в дальнейшем. Среди них есть и 14 бессменных участников А1: это группа стран G7 (США, Япония, Канада, Великобритания, Германия, Франция, Италия), две европейские страны (Испания и Нидерланды), не вошедшие в G7, и еще пять стран с разных континентов (Австралия, Бразилия, Индия, Китай, Мексика). Существенно меньшее число лет в эту группу входили Аргентина, Бельгия, Индонезия, Иран, Республика Корея, Россия, Саудовская Аравия, Турция, Швейцария, Швеция. На долю стран А1 за последние пять лет приходилось ежегодно 82-83% мирового ВВП. Суммарная численность населения этих 24 стран, участников группы А1- это около 63% от населения земли (точнее, тех стран, которые фигурируют в базе данных МВФ²).

¹ URL: <https://www.worldometers.info/coronavirus>.

² World Economic Outlook Apr2020all. URL: www.img.org.WEO.

Поэтому можно говорить о том, что большая часть экономики планеты связана с экономическим положением стран А1 [6].

31 декабря 2019 г. власти Китая сообщили Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) о том, что в провинции Хубэй зарегистрированы случаи пневмонии неизвестного происхождения³. 7 января 2020 г. китайские биологи заявили об обнаружении нового возбудителя, родственного, но не идентичного вирусу атипичной пневмонии (SARS) 2003 г.⁴. К 10 января они также расшифровали геном вируса и опубликовали его для общего пользования биологами всех стран; появился тест, который позволял выявить новый вирус. В дальнейшем этот новый вирус получил название COVID-19 (аббревиатура от англ. *Corona Virus Disease 2019*). Был обнаружен и источник заразы – рынок в городе Ухань с населением около 12 млн человек, где продавали живых диких животных, которых местные жители употребляют в пищу.

С 20 января 2020 г. в Пекине было официально объявлено о чрезвычайных мерах по борьбе с эпидемией⁵. На 22 января было зарегистрировано 544 инфицированных, а на 31 января – уже 11764. Однако 23 января в ВОЗ считали преждевременным объявлять о вспышке пневмонии, вызванной новым коронавирусом, хотя с этого дня жителям Уханя было запрещено покидать город. Но 30 января 2020 г. ВОЗ объявила вспышку коронавируса nCoV-2019 (первое название вируса COVID-19) чрезвычайной ситуацией международного значения в области общественного здравоохранения. На эту дату в Китае было зафиксировано уже 9692 случаев заражения и более 100 случаев было подтверждено в других странах мира. С 31 января из-за распространения коронавируса была закрыта российско-китайская граница на Дальнем Востоке. Но только 11 марта 2020 г. на брифинге в Женеве генеральный директор Всемирной организации здравоохранения Тедрос Адханом Гебрейесус заявил, что распространение нового коронавируса в мире приобрело характер пандемии. К этому времени общее количество

заражений новым коронавирусом в 114 странах мира составило более 118 тыс. человек, из которых умерло 4261. В России на 11 марта было зарегистрировано только 26 инфицированных⁶. В целом ситуация во всех странах мира в марте-апреле 2020 г. во всем, что касалось covid-19, была очень напряженной⁷.

Современные международные стандарты статистики, используемые во время пандемии, включают ежедневную информацию о пяти показателях по странам (городам, регионам). Один из них – *Inf* (*Infected with coronavirus*) – характеризуют общее количество зараженных коронавирусом на данный день нарастающим итогом, а другой – *dInf* – количество подтвержденных случаев инфицирования в данный день. Связь между значениями указанных величин для двух последовательных дат t и $t - 1$ определяется соотношением $dInf(t) = Inf(t) - Inf(t - 1)$. Три других показателя определяют следующую детализацию инфицированных: на болеющих *Ac* (*Active cases*), умерших *D* (*Deaths*) и выздоровевших *R* (*Recovered*). Конечно, при таком способе ведения статистики величина *D* не означает число летальных исходов *вследствие* коронавируса. Очевидно, что в каждый фиксированный день t выполняется тождество $Inf(t) = Ac(t) + D(t) + R(t)$.

Окончание эпидемии в данном регионе характеризуется длительным периодом (для коронавируса, скорее всего, более трех недель) нулевого значения ежедневного роста инфицированных ($Inf(t) = 0$). И тогда, дождавшись момента, когда последний болеющий пополнит финальную статистику D_f или R_f , можно будет определить истинную летальность коронавирусной инфекции в данном регионе как отношение числа умерших к общему числу инфицированных $L = D_f / (D_f + R_f)$.

В настоящее время ни одна страна не может предъявить финальные значения D_f и R_f . Однако во многих публикациях используют показатель

$$\tilde{L}(t) = D(t)/(Inf(t)) = D(t)(Ac(t) + D(t) + R(t)),$$

который можно назвать показателем текущей

³ Как Китай скрывал информацию о новом коронавирусе. URL: <https://www.vedomosti.ru/politics/articles/2020/03/16/825361-kitai-skryval-koronaviruse>.

⁴ Рассказываем о первых днях распространения вируса. URL: <https://meduza.io/feature/2020/01/30/kitayskie-chinovniki-utili-chast-informatsii-o-koronaviruse-vozmozhno-oni-gorazdo-ranshe-znali-naskolko-on-opasen>.

⁵ Цыплаков С., Цыплаков Ф. Китай объявил коронавирусу народную войну. URL: https://www.ng.ru/dipkurer/2020-02-16/9_7795_china.html.

⁶ Меры борьбы с распространением коронавирусной инфекции COVID-19 в России. URL: <https://ria.ru/20200801/1575209347.html>.

⁷ Что говорят о коронавирусе врачи из разных стран и что ждет Россию? URL: <https://lenta.ru/articles/2020/04/29/spasi/>.

летальности. В англоязычной литературе часто используют термин *CFR* (case fatality rate or case fatality ratio). Покажем, сколь сильно это значение может отличаться от истинного индекса летальности.

Если мы предполагаем, что начиная с какого-то времени t^* число инфицированных не будет изменяться, то во все последующие моменты времени $t > t^*$ будет выполняться равенство

$$\begin{aligned} Inf(t^*) &= Ac(t^*) + D(t^*) + R(t^*) = \\ &= Ac(t) + D(t) + R(t). \end{aligned}$$

В дальнейшем, при $t \gg t^*$, когда все заболевшие станут либо выздоровевшими, либо умершими, это равенство перейдет в

$$\begin{aligned} Inf(t^*) &= D_f + R_f = [D(t^*) + \alpha Ac(t^*)] + \\ &\quad + [R(t^*) + (1 - \alpha) Ac(t^*)], \end{aligned}$$

где константа α удовлетворяет соотношению $0 \leq \alpha \leq 1$. В последнем равенстве выражение в первой квадратной скобке есть финальное значение D_f , состоящее из $D(t^*)$ - известного значения числа умерших к моменту t^* , и некоторой доли α от числа $Ac(t^*)$ - болеющих в момент t^* , которая также в обозримое время попадет в число умерших. Вторая квадратная скобка определяет финальное число выздоровевших аналогичным образом. Константа α - это некоторая экспертная оценка или наша гипотеза о будущей доле умерших, если $Ac(t^*) > 0$. И теперь можно записать связь истинного индекса летальности с текущей летальностью в виде:

$$\begin{aligned} L &= D_f / (D_f + R_f) = [D(t^*) + \alpha Ac(t^*)] / Inf(t^*) = \\ &= \tilde{L}(t^*) + \alpha Ac(t^*) / Inf(t^*) \end{aligned}$$

И только если $Ac(t^*) / Inf(t^*) \ll \tilde{L}(t^*)$ можно сформировать численную оценку сверху для истинной летальности. Если высказать предположение, что $D_f / R_f = D(t^*) / R(t^*)$, то есть отношение финального количества смертей к финальному количеству выздоровевших равно отношению тех же величин в момент времени t^* , то тогда будет справедливо формула для истинной летальности в виде:

$$L = D(t^*) / (D(t^*) + R(t^*)) > \tilde{L}(t^*).$$

Подробная эмпирическая оценка летальности от COVID-19, базирующаяся на итальянских данных, приведена в работе [7].

Начальная стадия распространения коронавируса

Начальная статистика распространения коронавируса по Китаю противоречива, но данные по другим странам доступны, по крайней мере, начиная с уровня инфицированных порядка 10 человек. Начало эпидемии в разных странах происходило в различные дни в первые два месяца 2020 г., и данные о первых случаях заражения по всем странам систематически не публиковались. Однако позднее, публикации стали регулярными и подробными⁸. Поэтому удобно в качестве начала развития пандемии в каждой стране (за исключением Китая) взять дату достижения уровня инфицированных коронавирусом 100 человек. Эта дата для каждой страны приведена в столбце *date(100)* таблицы 1. Поскольку реально уровень инфицированности точно в 100 человек не был зарегистрирован почти ни в одной стране, то выбиралась естественно дата с ближайшим к 100 числом инфицированных, что и приведено в столбце I_0 . А поскольку численность населения рассматриваемых стран различна (третий столбец таблицы 1), то в восьмом столбце \hat{I}_0 приведена численность инфицированных в стране на миллион человек на день *date(100)*. Фактически именно такие цифры являются разумными для сравнения масштабов влияния пандемии на организацию здравоохранения и экономику данной страны в целом. В четвертом, пятом и девятом столбцах таблицы 1 приведена длительность некоторых характерных для начального этапа временных интервалов (T_{00} , T_0 , T_1) в днях. Введем удобные обозначения:

date(0) = 21.01.2020 - в этот день все страны узнали об объявлении Пекином чрезвычайных мер по борьбе с эпидемией;

date(10) - это дата достижения в стране первых 10-20 инфицированных;

date(100) - дата достижения первой сотни инфицированных;

date(1000) - дата достижения первой тысячи инфицированных.

Тогда быстроту мобилизации органов здравоохранения и связанную с этим скорость распространения COVID-19 по стране на начальной стадии могут характеризовать времена

⁸ URL: <https://coronavirus-monitor.info/country/>.

$$T_{00} = \text{date}(10) - \text{date}(0), T_0 = \text{date}(100) - \text{date}(10), \\ T_1 = \text{date}(1000) - \text{date}(100).$$

Поскольку все даты, кроме $\text{date}(0)$, различаются у рассматриваемых стран, то и указанные интервалы времени также будут различны. Числа T_0 и T_1 характеризуют скорости увеличения численности инфицированных, обратившихся за медицинской помощью с явными признаками заболевания, в условиях отсутствия широкого тестирования, введенного во многих странах позднее. Как видно из приведенных данных, скорость распространения коронавируса внутри стран была различной уже в самом начале эпидемии. Увеличение числа инфицированных от 100 до 1000 происходило за

5-7 дней у шести стран и за 8-16 дней для 16 стран. Исключительной страной в этом отношении была с самого начала Япония, для которой этот переход длился целый месяц.

Данные, приведенные в столбце T_{00} таблицы 1, свидетельствуют о том, что страны «включались» в пандемию не одновременно. На первой неделе февраля китайскую эстафету коронавируса «подхватили» Япония и Корея, в середине февраля - США и Австралия, с 21 по 23 февраля - Германия, Иран, Италия, Великобритания и Канада, с 25 по 29 февраля - Турция, Франция, Испания, Швейцария и Швеция, а с 1 по 11 марта «подтянулись» и остальные девять стран.

Таблица 1

Параметры, характеризующие начало распространение пандемии по странам

№ п/п	Страна	Население, млн человек	T_{00} , в днях	T_0 , в днях	date(100)	I_0 , человек	\hat{I}_0 , человек/млн	T_1 , в днях
1	Австралия	25,97	27	22	10.03.2020	116	4,47	11
2	Аргентина	45,55	47	11	19.03.2020	128	2,81	12
3	Бельгия	11,53	42	3	06.03.2020	109	9,45	10
4	Бразилия	211,21	45	7	13.03.2020	151	0,71	8
5	Великобритания	67,25	33	11	05.03.2020	116	1,72	9
6	Германия	82,96	31	9	01.03.2020	130	1,57	7
7	Индия	1369,56	43	10	14.03.2020	100	0,07	15
8	Индонезия	269,86	48	6	15.03.2020	117	0,43	12
9	Иран	84,15	31	5	26.02.2020	139	1,65	5
10	Испания	46,86	36	5	02.03.2020	121	2,58	7
11	Италия	60,72	31	2	23.02.2020	150	2,47	6
12	Канада	37,82	33	17	11.03.2020	110	2,91	9
13	Китай	1404,44	0	0	22.01.2020	544	0,39	0
14	Республика Корея	52,08	18	12	20.02.2020	104	2,00	6
15	Мексика	127,09	50	8	19.03.2020	118	0,93	12
16	Нидерланды	17,29	40	5	06.03.2020	128	7,40	9
17	Россия	143,78	45	11	17.03.2020	114	0,79	10
18	Саудовская Аравия	34,54	47	6	14.03.2020	103	2,98	12
19	США	331,81	26	15	02.03.2020	100	0,30	9
20	Турция	84,04	35	21	17.03.2020	98	1,17	5
21	Франция	65,32	35	4	29.02.2020	100	1,53	8
22	Швейцария	8,69	39	5	05.03.2020	114	13,12	8
23	Швеция	10,42	39	6	06.03.2020	137	13,15	9
24	Япония	125,75	11	19	20.02.2020	105	0,83	30

Рассмотрение корреляций времен T_{00} , T_0 , T_1 (без учета Китая) показывает, что лишь отрицательная корреляция (-0,47) между временами T_{00} и T_0 отлична от нуля на 5%-ном уровне значимости. Это может быть интерпретировано так: чем раньше в стране появился первый десяток инфицированных, тем дольше был период времени по увеличению численности зараженных от первого десятка до первой сотни. Правдоподобным

объяснением этого факта может служить предположение о большей мобилизации институтов здравоохранения тех стран, которые чувствовали неизбежность быстрого распространения эпидемии и на их территорию. Статистической связи между временами T_0 и T_1 не обнаружено. Поэтому на начальном этапе предсказать быстроту роста числа инфицированных не представляется возможным.

Данные в столбце $date(100)$ показывают насколько были синхронизованы начальные стадии эпидемии в различных пространственно удаленных странах. Данные в столбцах I_0 и \hat{I}_0 относятся к одной и той же величине – количеству зарегистрированных инфицированных в день $date(100)$. Однако I_0 соответствуют абсолютному количеству инфицированных, а для определения \hat{I}_0 сопоставляют число I_0 с численностью населения данной страны (поэтому размерность чисел в столбце \hat{I}_0 – человек на 1 млн населения). В дальнейшем в таблицах будут использоваться именно такие величины \hat{I}_0 , $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$, соответствующие кумулятивному числу инфицированных на определенную дату, приросту числа инфицированных на эту дату и числу болеющих на определенную дату, отнесенных к 1 млн населения страны. При таком рассмотрении можно более адекватно сравнивать реакцию систем здравоохранения различных стран, тем более, что интуитивно для населения эти относительные цифры более привычны по стандартным отчетам о сезонных вирусах.

Реализованные сценарии развития пандемии

Рассматриваемые временные ряды имеют большое количество локальных максимумов. Будем говорить о том, что в день t_1 сформировался *существенный максимум*, если он является самым большим из всех предшествующих локальных максимумов. Если этот максимум остается существенным в течение не менее четырех недель после его формирования, то при дальнейшем появлении еще больших локальных максимумов, прежний существенный максимум становится просто *первым существенным максимумом*. Следующий существенный максимум будет иметь номер два, если после его появления он останется самым большим максимумом в течение не менее четырех недель.

Однако, если все локальные максимумы, следующие после дня $t_1 + 28$, меньше первого существенного, то присвоение ему статуса очередного существенного максимума требует некоторого пояснения. Обычно статус присваивается, если прослеживается некоторый растущий тренд, а не флюктуации, длиющиеся несколько дней. Если существенный максимум за наблюдаемый период времени единственный, то он не получает

номера. В дальнейшем все упомянутые в тексте максимумы соответствуют именно существенным максимумам в указанном выше смысле.

Дальнейшее после $date(100)$ развитие эпидемии в указанных странах происходило по одному из следующих 10 сценариев, которые можно объединить в три группы сценариев A , B и C , наблюдавшихся до 22 октября 2020 г. Качественное различие этих сценариев A , B и C заключается в различной динамике ежедневного прироста инфицированных $d\hat{I}$ и числа заболевших $\hat{A}c$ в рассматриваемом интервале времени. Характерные цифры этой динамики приведены в таблице 2, а наглядная иллюстрация изменения величин \hat{I} , $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$ во времени по всем рассматриваемым странам представлена в Приложении 1.

В первых двух столбцах таблицы 2 указаны страны и обозначение вариантов сценариев развития пандемии. В третьем и четвертом столбцах указаны величины и даты формирования первых существенных максимумов ежедневного приращения инфицированных $d\hat{I}$. В пятом и шестом столбцах фигурируют значения глобальных максимумов и значения $d\hat{I}$ в конце периода наблюдения. Таким образом, данные в столбцах с третьего по шестой позволяют увидеть в общих чертах различие между сценариями по динамике величины $d\hat{I}$. В седьмом и восьмом столбцах приведены глобальные максимумы числа болеющих и число болеющих в конце периода наблюдения. Эти цифры позволяют увидеть, растет или убывает нагрузка на системы здравоохранения каждой страны. Более тонкие различия в сценариях хорошо видны из сравнения графиков динамики указанных величин, приведенных на рисунках Приложения 1. По ним можно заметить явление синхронизации активности коронавируса в одних странах, в то время как в других странах никакой временной согласованности активности вируса не наблюдается.

Для сценариев типа A характерно формирование наибольшего из существенных максимумов $d\hat{I}$ до 1 сентября 2020 г., реализация убывающего в дальнейшем (не обязательно монотонно) тренда $d\hat{I}$ с выходом на значения $d\hat{I} < 30$ в конце рассматриваемого периода. При этом величина $\hat{A}c$ на всем периоде наблюдения не превышает максимального значения, достигнутого через несколько дней после формирования глобального

максимума для $d\hat{I}$. Значение величин $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$ на дату окончания наблюдений существенно меньше глобальных максимумов этих величин. Этот

сценарий является самым щадящим для системы здравоохранения страны и наиболее благоприятный для экономики.

Таблица 2

Характерные показатели временных рядов $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$ для разных стран и сценариев

Страна	Сценарий	1 maxd \hat{I}	Дата	maxd \hat{I}	$d\hat{I}$ (22.10.2020)	max $\hat{A}c$	$\hat{A}c$ (22.10.2020)
Китай	A1	10	24.2.2020	10	0,01	41	0,17
Республика Корея	A1	16	03.3.2020	16	2	144	28
Япония	A2	8	19.4.2020	16	5	113	41
Австралия	A2	17	28.3.2020	28	0,8	361	54
Турция	A3	61	11.4.2020	61	25	962	427
Саудовская Аравия	A3	142	13.6.2020	142	12	1825	242
Германия	B1	91	28.3.2020	154	154	1105	1105
Италия	B1	108	21.3.2020	265	265	2788	2788
Швейцария	B1	168	20.3.2020	4520	4520
Канада	B2	73	03.5.2020	95	66	926	611
Иран	B2	36	28.3.2020	67	65	908	908
Россия	B2	81	11.5.2020	113	111	2296	2296
Франция	B3	266	03.4.2020	637	637	13108	13108
Бельгия	B3	213	15.4.2020	1147	1147	19178	19178
Великобритания	B4	129	10.4.2020	528	316	11387	11387
Швеция	B4	78	24.4.2020	460	...	9411	9411
Нидерланды	B4	77	10.4.2020	536	536	14762	14762
Испания	B4	197	31.3.2020	936	...	18332	18332
Индонезия	C1	10	09.7.2020	18	16	247	236
Индия	C1	71	11.9.2020	71	40	744	508
Бразилия	C1	322	30.7.2020	322	126	3898	1854
Мексика	C1	75	02.8.2020	221	54	1224	1165
Аргентина	C2	402	402	3776	3716
США	C3	124	24.4.2020	236	235	8352	8352

Обозначения: 1 maxd \hat{I} - первый существенный максимум ежедневного прироста инфицированных; дата - день формирования 1 maxd \hat{I} ; maxd \hat{I} - глобальный максимум ежедневного прироста инфицированных за время наблюдения, $d\hat{I}$ на 22.10.2020 - ежедневный прирост инфицированных на последнюю дату наблюдений, max $\hat{A}c$ - глобальный максимум болеющих (active cases), $\hat{A}c$ на 22.10.2020 - число болеющих на указанную дату.

Быстрое развитие затухающих трендов для ежедневного прироста инфицированных в странах со сценарием типа A - это результат колоссальных усилий властей этих стран на самом начальном этапе пандемии. Например, в Саудовской Аравии серьезные карантинные меры были введены уже в конце февраля, хотя распространение инфекции началось в Саудовской Аравии только 2 марта. А сообщение о подозрении заболеваний около 150 членов королевской семьи появилось 8 апреля⁹. Об организации работы по

борьбе с распространением инфекции в Республике Корея дан обзор в Приложении 2. Российский инфекционист Николай Малышев высказал в апреле мнение, что взрывного роста заражений в России удалось избежать благодаря вовремя введенному режиму всеобщей самоизоляции. По его словам, снижение заболеваемости среди россиян будет мягче, без таких скачков, как в западных странах¹⁰. Однако все же приложенных усилий оказалось недостаточно для попадания России в сценарий типа A.

⁹ Распространение COVID-19 в Саудовской Аравии. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>.

¹⁰ URL: <https://lenta.ru/news/2020/04/29/difference/>.

Внутри сценария *A* различаются три пары стран, объединенных в три варианта сценариев *A1*, *A2* и *A3*. Даты достижения первых 100 инфицированных для сценариев *A1* и *A2* существенно отличаются, однако для пары стран со сценарием *A3* разница составляет 3 дня. Даты первых существенных максимумов $d\hat{I}$ внутри пар для сценариев *A1* и *A2* довольно сильно различаются, однако синхронизация динамики для вторых существенных максимумов $d\hat{I}$ в парах требует объяснения вирусологов. Особенно для пары Австралия-Япония в сценарии *A2*.

Основой объединения 12 стран внутри сценария типа *B* является почти синхронное начало тренда интенсивного роста $d\hat{I}$ в июле, который только усиливался к концу периода наблюдения. Заметим, что такого тренда в это время не появлялось у всех других 12 стран вне Европы. Однако этот восходящий тренд «зацепил» не только европейские страны, но и территориально далекую Канаду, а также Россию и Иран (правда, с двухмесячной задержкой). Сценарии *B1* и *B2* отличает довольно большой интервал времени от марта до июля, в котором проявлялась тенденция к уменьшению количества болеющих \hat{A}_c . И даже после июля, когда величина \hat{A}_c начала сильно расти, количество болеющих \hat{A}_c остается много меньше общего числа инфицированных \hat{I} . А для сценариев *B3* и *B4* кривые \hat{A}_c и \hat{I} отличаются незначительно. Другими словами, число заболевших не сильно отличается от числа инфицированных.

Для стран со сценарием *B4* этот факт является результатом игнорирования стандартов статистики заболеваний, принятой во всех других странах. В последние месяцы в Великобритании, Швеции, Нидерландах и Испании в графе выздоровевшие фигурируют неизменяемые цифры, и поэтому «отток» из разряда болеющих происходит только за счет умерших. Возможно, что нестандартная статистика этих стран не является случайной прихотью, а связана с выбором альтернативной стратегии борьбы с коронавирусом¹¹. Правительство Великобритании настаивало, что жесткий карантин вскоре утомит граждан, и они ослабят контроль как раз тогда, когда эпидемия достигнет

пика. По мнению научного консультанта Даунинг-стрит, «около 60% переболевших - вот цифра, которая нужна, чтобы получить иммунитет стада»¹². И только после 27 марта, когда премьер-министр Великобритании Борис Джонсон заявил о своем заражении коронавирусом, ситуация несколько изменилась. В Швеции правительство отказалось вводить карантин на фоне пандемии COVID-19. Глава правительства Стефан Лёвен заявил, что надеется на ответственность каждого жителя страны на фоне распространения новой инфекции, а отсутствие жестких ограничений поможет поддерживать экономическую стабильность в стране¹³. Кроме того, в Швеции, начиная с середины июня, два - три дня в неделю фиксировалась нулевой прирост (видимо соответствующие службы не работали), однако в соседние дни рост новых инфицированных составлял несколько сотен, а в отдельные дни доходил до нескольких тыс. человек. Впоследствии такую стратегию учета приняли и в Испании.

Однако во Франции и Бельгии, ведущих стандартную статистику и демонстрирующих сценарий *B3*, динамика кривых \hat{A}_c и \hat{I} слабо отличается от динамики тех же величин для стран со сценарием *B4*. Даты достижения первых 100 инфицированных для сценариев *B1* и *B2* довольно сильно различаются, однако для четырех стран из группы сценария *B3* разница не превышает четырех дней. Даты достижения первых существенных максимумов ежедневного прироста инфицированных $d\hat{I}$ лежат в широком интервале (20.03.2020-11.05.2020). Таким образом, зрямая синхронизация растущего тренда $d\hat{I}$ примерно с первого августа реализовалась для всех сценариев типа *B*, кроме России и Ирана, которые «поддержали» этот тренд примерно с первого сентября. Из стран, «демонстрировавших» варианты сценария *B*, четыре страны - Великобритания, Испания, Франция и Швеция - допускали серьезные коррекции статистики «задним числом», что приводило к появлению больших отрицательных значений для величин, являющихся не отрицательными по определению. Поэтому статистическое сравнение динамики эпидемии в этих странах с другими странами весьма затруднительно.

¹¹ Какие страны выбрали альтернативные стратегии борьбы с коронавирусом. URL: <https://www.rbc.ru/politics/02/04/2020/5e846ad19a79474fd1d6c01a>.

¹² Стадный иммунитет. URL: <https://novayagazeta.ru/articles/2020/03/16/84343-stadnyy-immunitet>.

¹³ Швеция отказалась вводить карантин на фоне пандемии COVID-19. URL: <https://iz.ru/994106/2020-04-01/shvetsiia-otkazalas-vvodit-karantin-na-fone-pandemii-covid-19>.

Строго говоря, динамика ежедневного прироста инфицированных в трех странах со сценарием *B2* - Канаде, России и Иране - имеет больше общего между собой, чем с тремя другими странами - Германией, Италией и Швейцарией - участниками сценария *B1*.

Шесть стран демонстрировали сценарии типа *C*. Даты достижения первых 100 инфицированных для сценариев *C1* и *C2* лежат в небольшом интервале (13.03.2020-19.03.2020), однако для сценария *C3* в США этой датой было 02.03.2020.

Четыре из этих стран (сценарий *C1*) достигли первого существенного максимума $d\hat{I}$ только в июле-августе, то есть значительно позже, чем страны по сценариям типа *A* и *B*. Дни достижения первых существенных максимумов для этих стран далеко отстоят друг от друга. Эти страны имели глобальный максимум $d\hat{I}$ значительно больший, чем первый существенный максимум, однако продемонстрировали снижение $d\hat{I}$ к 22.10.2020. В Аргентине (сценарий *C2*) указанный первый существенный максимум не был достигнут и до 22.10.2020. Как видно из графиков в Приложении 1, для этих стран не наблюдалось никаких растущих трендов после середины июля, которые были характерны для сценариев типа *B*. Таким образом, для сценариев *C1* и *C2* синхронизации в целом не наблюдалось

Американская статистика распространения коронавируса имеет свою печальную особенность (сценарий *C3*). Первый существенный максимум ежедневного прироста инфицированных в США сформировался на уровне $d\hat{I} = 123,67$ уже 24 апреля и через 37 дней после этого, 31 мая сформировался первый существенный максимум $\hat{A}_c = 3571,53$. Другими словами, статистика США показывала начало следования по сценарию *A1*. Однако 25 мая произошло убийство полицейским афроамериканца Джорджа Флойда, которое привело к стихийным митингам по всей стране. Масштабы протестного движения с лозунгом Black Lives Matter полностью изменили привычную жизнь американцев, что существенно отразилось на динамике распространения COVID-19. Уже 6 июня уровень $d\hat{I} = 123,67$ перестал быть самым большим максимумом, а вслед за этим через 10 дней перестал быть самым большим максимумом и уровень $\hat{A}_c = 3571,53$. Это хорошо видно на графиках Приложения 1. Сложившаяся ситуация является примером того, как внутриполитические проблемы могут изменить распро-

странение вируса даже в самой экономически могучей стране.

Гипотеза относительно возможной причины синхронизации трендов

Группировка графиков динамики величин $d\hat{I}$, \hat{I} и \hat{A}_c в различных странах с похожими трендами позволила сформулировать понятие сценария. При этом важной особенностью включения динамических картинок в один сценарий является близость времени формирования трендов, а не их количественные характеристики. Поскольку из трех указанных величин именно стохастическая величина $d\hat{I}$ является основной переменной, «производящей» величины \hat{I} и \hat{A}_c , то синхронизация трендов ежедневных приращений инфицированных в разных странах позволяет высказать предположение, что формирование этих трендов обусловлено одним и тем же типом или штаммом вируса, имеющего свою собственную временную активность. Это позволяет увидеть синхронизацию трендов в одной группе стран, когда в другой группе стран реализуется другой тренд и в другое время. В самом начале развития пандемии такой синхронизации не наблюдалось, и процесс инфицирования распространялся через общение туристов, артистов и бизнесменов различных стран. Однако, когда во всех рассматриваемых странах накопилась существенная масса быстро муттирующих вирусов, то среди них стали выделяться некоторые группы со своими временными циклами активности.

Возможно поэтому, эти группы вирусов смогли сформировать столь сильные собственные тренды сразу в нескольких странах, часто довольно далеко расположенных друг от друга, с не совпадающими сезонными изменениями. И это происходило не в самом начале пандемии, когда международное перемещение людей было несравненно интенсивнее, а начиная с середины июня, когда страны уже сильно сократили международные авиаперевозки пассажиров. Разумеется, эту гипотезу могут подтвердить или опровергнуть только ученые-вирусологи, базируясь на своих исследованиях штаммов вирусов в различных странах.

Ситуация на 22.10.2020

Если для каждой страны обозначить символом TT временной интервал с даты $date(100)$ (табли-

ца 1) по 22 октября 2020 г., то эта величина будет различной для разных стран, но будет находиться в сегменте $TT \in [221,246]$ дней (для Китая исключение: $TT = 275$ дней). И хотя пандемия в рассматриваемых странах продолжает существовать в больших масштабах, все же во многих странах уже сформировалось представление о реальных возможностях современной государственной системы здравоохранения с одной стороны и коварстве COVID-19 - с другой.

На протяжении примерно восьми месяцев все страны прошли путь от во многом схожего начала эпидемии до того момента, когда стало видно большое различие в показателях, ха-

теризующих распространение коронавируса в разных странах. Не имея пока возможности объективно оценить разнообразные экономические последствия пандемии, остановимся лишь на тех величинах, которые можно получить на основании ежедневных данных из интернет-источников (таблица 3 на основе данных¹⁴). Одним из важных сравнительных показателей работы системы здравоохранения страны является число смертных случаев, связанных с эпидемией, на миллион населения. Поэтому данные по странам в таблице 3 упорядочены по столбцу \hat{D} - количеству умерших пациентов на 22.10.2020, имевших статус инфицированных COVID-19 на момент смерти.

Таблица 3

Оценки сценариев распространения пандемии для стран по различным показателям

Страна	Сценарий	\hat{D}		\hat{I}		D/I		GHSI ранг
		на 01.08.2020	на 22.10.2020	на 01.08.2020	на 22.10.2020	на 01.08.2020	на 22.10.2020	
Китай	A1	3,3	3,3	60	61	0,055	0,054	51
Республика Корея	A1	5,8	8,7	275	490,4	0,021	0,018	9
Япония	A2	8,0	13,4	273	751,7	0,029	0,018	21
Австралия	A2	7,7	34,8	665	1057,6	0,012	0,033	4
Индонезия	C1	19,2	48,0	407	1399,0	0,047	0,034	30
Индия	C1	27,3	85,7	1 279	5665,8	0,021	0,015	57
Турция	A3	67,9	114,0	2 759	4230,5	0,025	0,027	40
Германия	B1	111,2	121,1	2 544	4867,9	0,044	0,025	14
Саудовская Аравия	A3	83,6	152,0	8 033	9952,9	0,010	0,015	47
Россия	B2	97,8	175,6	5 880	10177,4	0,017	0,017	63
Швейцария	B1	228,0	235,2	4 075	11164	0,056	0,021	13
Канада	B2	236,3	260,7	3 075	5505,9	0,077	0,047	5
Иран	B2	201,8	376,1	3 645	6544,9	0,055	0,057	97
Нидерланды	B4	355,6	400,2	3 165	15176,7	0,112	0,026	3
Франция	B3	463,3	523,7	2 877	15294,0	0,161	0,034	11
Швеция	B4	551,2	569,1	7 718	10457,7	0,071	0,054	7
Аргентина	C2	78,1	604,1	4 100	22773,3	0,019	0,027	25
Италия	B1	578,8	608,8	4 082	7670,1	0,142	0,079	31
Великобритания	B4	686,9	659,4	4 520	12051,5	0,152	0,055	2
США	C3	474,3	687,3	14 313	26033,0	0,033	0,026	1
Мексика	C1	367,4	687,8	3 341	6826,3	0,110	0,101	28
Бразилия	C1	439,3	736,2	12 668	25110,2	0,035	0,029	22
Испания	B4	607,0	736,7	7 162	23271,9	0,085	0,032	15
Бельгия	B3	853,5	912,3	5 963	21976,2	0,143	0,042	19

¹⁴ URL: <https://coronavirus-monitor.info/country/>.

Во втором столбце таблицы 3 указан сценарий, по которому в стране происходило распространение COVID-19 до 22.10.2020. В столбцах с третьего по восьмой приведены данные на две даты (22.10.2020 и 01.08.2020) по трем показателям: \hat{D} - числу умерших на 1 млн населения, \hat{I} - общему числу инфицированных на 1 млн населения и D/I - показателю текущей летальности. Первые два показателя говорят о величине понесенных потерь, третий показатель свидетельствует о количестве людей, непосредственно «подхвативших» COVID-19. В интернет-публикациях третий показатель обычно выражается в процентах. Страны в таблице 3 приведены в порядке возрастания показателя \hat{D} на 22.10.2020. В последнем столбце GHSI таблицы 3 приводятся ранги стран согласно Глобальному индексу безопасности здравоохранения (Global Health Security Index)¹⁵. Об этом индексе будет рассказано несколько позже.

Исходя из данных о величинах \hat{D} в разные дни видно, что порядок стран в таблице 3 может измениться при изменении даты регистрации \hat{D} . Однако факт лидерства Китая и Республики Кореи в отношении смертности вряд ли может быть изменен в дальнейшем: в Китае с 18 мая не было летальных исходов среди инфицированных ковидом, а в Республике Корее за последние два месяца фиксировалось только от 0 до 0,08 смертей на 1 млн населения в день.

Для всех стран, кроме Великобритании (статастика смертности Великобритании в один день 13.08 зафиксировала уменьшение количества умерших на 5179 человек), количество смертей на дату 22.10.2020 больше (равно только у Китая), чем на дату 01.08.2020. Это естественно, поскольку количество инфицированных \hat{I} за этот промежуток времени существенно выросло, а длительное отсутствие новых случаев смерти наблюдалось только в Китае. Однако пропорции изменений \hat{D} и \hat{I} для разных стран далеко не одинаковы, о чем свидетельствуют большие колебания показателя текущей летальности D/I между указанными в таблице 3 датами для многих стран. При этом было зафиксировано как большое увеличение D/I у шести стран (максимум у Австралии - в 2,83 раза), так и сильное уменьшение D/I у 18 стран

(минимум у Франции - 0,21). То, что показатель текущей летальности может порождать искаженные представления о реальной летальности, было показано в разделе «Введение» настоящей статьи. Здесь только отметим, что со временем величина \hat{D} может только увеличиваться (или сохранять свое значение) даже в случае отсутствия увеличения числа инфицированных - идеальный случай завершения эпидемии и переход оставшихся заболевших $\hat{A}c$ в категорию \hat{D} или \hat{K} . А направление изменения величины текущей летальности не предсказуемо.

Поэтому для сравнения успехов систем здравоохранения в различных странах величина \hat{D} заслуживает большего доверия, чем показатель текущей летальности D/I . На дату 22.10.2020 в двух странах (Китай и Республика Корея) количество смертей на 1 млн жителей не превышает 10 человек, однако в 18 странах этот показатель больше 100, но пока еще меньше 1000. И самое большое количество смертей (более 912 человек на миллион) у почти самой маленькой по населению страны - Бельгии. Однозначное влияние типа сценария на величину \hat{D} наблюдается лишь для сценариев $A1$ и $A2$ - страны с этим сценарием показывают самые маленькие значения \hat{D} . Это было ожидаемым эффектом, поскольку сценарии типа A , в отличие от других сценариев, характеризуются не возрастающими долгое время трендами $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$. Но неожиданно Индия и Индонезия со сценарием $C1$, характеризуемым длительным растущим трендом $d\hat{I}$ и $\hat{A}c$, потеснили в таблице 3 Турцию со сценарием $A3$.

Влияние количества тестов, которое было использовано в стране для диагностики, на количество зарегистрированных инфицированных было также исследовано, но не вошло в таблицу 3. Корреляция между этими величинами составляет 0,41, что свидетельствует о положительности статистической связи на 5%-ном уровне значимости. Однако все же следует заметить, что количество тестов не определяет количество инфицированных: легко подобрать примеры стран с близкими значениями количества тестов, но с сильно отличающимися значениями числа инфицированных.

Остановимся на данных рангов индекса GHSI из последнего столбца таблицы 3. Указанный ин-

¹⁵ URL: <https://www.ghsindex.org/about/>.

декс - результат совместного проекта трех организаций: Центра безопасности здравоохранения Джонса Хопкинса, Инициативы по сокращению ядерной угрозы (NTI) и аналитического отдела журнала «Экономист» (Economist Intelligence Unit, EIU). Индекс оценил безопасность здоровья в 195 странах по шести категориям, 34 показателям и 140 вопросам. Были использованы данные таких международных организаций, как Всемирная организация здравоохранения, Всемирная организация по охране здоровья животных, Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций и Всемирный банк¹⁷.

Общий вывод приглашенной комиссии экспертов такой: показатели свидетельствуют о серьезных недостатках в способности стран предотвращать, выявлять и реагировать на вспышки заболеваний. К 2021 г. Генеральный секретарь ООН должен созвать саммит по биологическим угрозам, вопросам финансирования и реагирования на чрезвычайные ситуации. Индекс был опубликован в 2019 г., и события 2020 г. показали правильность общих выводов комиссии. Но поскольку всякий индекс предусматривает некоторое упорядочивание объектов исследования, то здесь уже вступают в силу другие аргументы.

Согласно этому индексу высший ранг 1 получили США с индексом 83,5 из 100 возможных. Далее с рангами 2 и 3 следуют Великобритания и Нидерланды. Сравнивая приведенные в таблице 3 показатели разных стран, нетрудно заметить, что сравнительные оценки готовности стран по рейтингу 2019 г. существенно отличаются от реакции стран на распространения COVID-19 в реальности 2020 г. Приведем три ярких примера.

1) У Японии ранг GHSI равен 21, что соответствует индексу GHSI, равному 59,8. А следом с рангом 22 и с индексом 59,7 идет Бразилия. Но у Японии смертность 13,4 человек на 1 млн. населения, а у Бразилии 736,2. Хотя отношение их показателей текущей летальности составляет только 1,6.

2) У Великобритании ранг 2 с индексом 77,9, а у Китая - ранг 51 с индексом 48,2. Однако смертность в Великобритании почти в 200 раз больше,

чем в Китае. Заметим, что показатели текущей летальности Великобритании и Китая практически совпадают.

3) Нидерланды «заслужили» ранг 3 с индексом 75,6, но продемонстрировали смертность в 2,3 раза более высокую, чем Россия с рангом 63 и индексом 44,3. Хотя отношения показателей текущей летальности этих стран составляют примерно 1,5.

Особенно ярко расхождение между ранжированием по индексу GHSI и данными по смертности инфицированных COVID-19 проявляется при сравнении таких стран как США, Бразилия и Япония, две из которых одинаково удалены по рейтингу от США, но имеют существенные различия в динамике распространения пандемии. При этом по показателю смертности на 1 млн населения Бразилия очень близка к Испании и США, несмотря на существенное различие рейтингов. Даже беглое сравнение приведенных индексов GHSI для 24 стран большой экономики с показателями таблицы 3 показывает, что реальная готовность здравоохранения стран находилась в сильном противоречии с выводами комиссии экспертов, если серьезно относиться к идеи ранжирования.

Заметим, что выбранные для анализа 24 страны большой экономики оказались очень хорошей статистической выборкой для анализа распространения COVID-19. На дату 22.10.2020 на эту группу приходилось 75% всех инфицированных коронавирусом в мире, 80% смертных случаев, 73% всех выздоровевших и 83% всех болеющих. В течение двух месяцев до этой даты приведенные проценты почти не менялись за исключением смертельных случаев: двумя месяцами ранее эта цифра достигала 85%. Так что страны большой экономики и в этой совсем не радостной ситуации оказались «лидерами».

Заключение

Рассмотрение динамики распространения COVID-19 для 24 стран большой экономики позволяет выделить три типа сценария динамики для трех величин, отнесенных на 1 млн населения страны. Две величины описывают

¹⁶ URL: <https://www.ghsindex.org/about/>.

число инфицированных и число заболевших, а третья - ежедневное приращение инфицированных. Анализ этих величин позволяет увидеть возникающие тренды и заметить схожесть и различия в распространении эпидемии в разных странах. Отмечена синхронизация трендов в странах, демонстрирующих один и тот же тип сценария, хотя и с разными количественными характеристиками. Высказана гипотеза о существовании различия в периодах активности вирусов, ответственных за синхронизацию трендов в группе стран. Для некоторых стран принятые на государственном уровне решения о введении или не введении серьезных карантинных и других ограничительных мер оказали большое влияние на количество смертных случаев для людей, инфицированных коронавирусом. Представляется очевидным, что готовность государственной системы здравоохранения к таким глобальным вызовам, как пандемия, должна в первую очередь определяться показателями смертности на миллион человек населения страны. И как раз незадолго до пандемии был опубликован Глобальный индекс безопасности здравоохранения для 195 стран (GHSI), созданный солидной группой международных

экспертов. Общие выводы экспертов о слабой готовности стран вполне подтверждаются развитием ситуации с пандемией COVID-19.

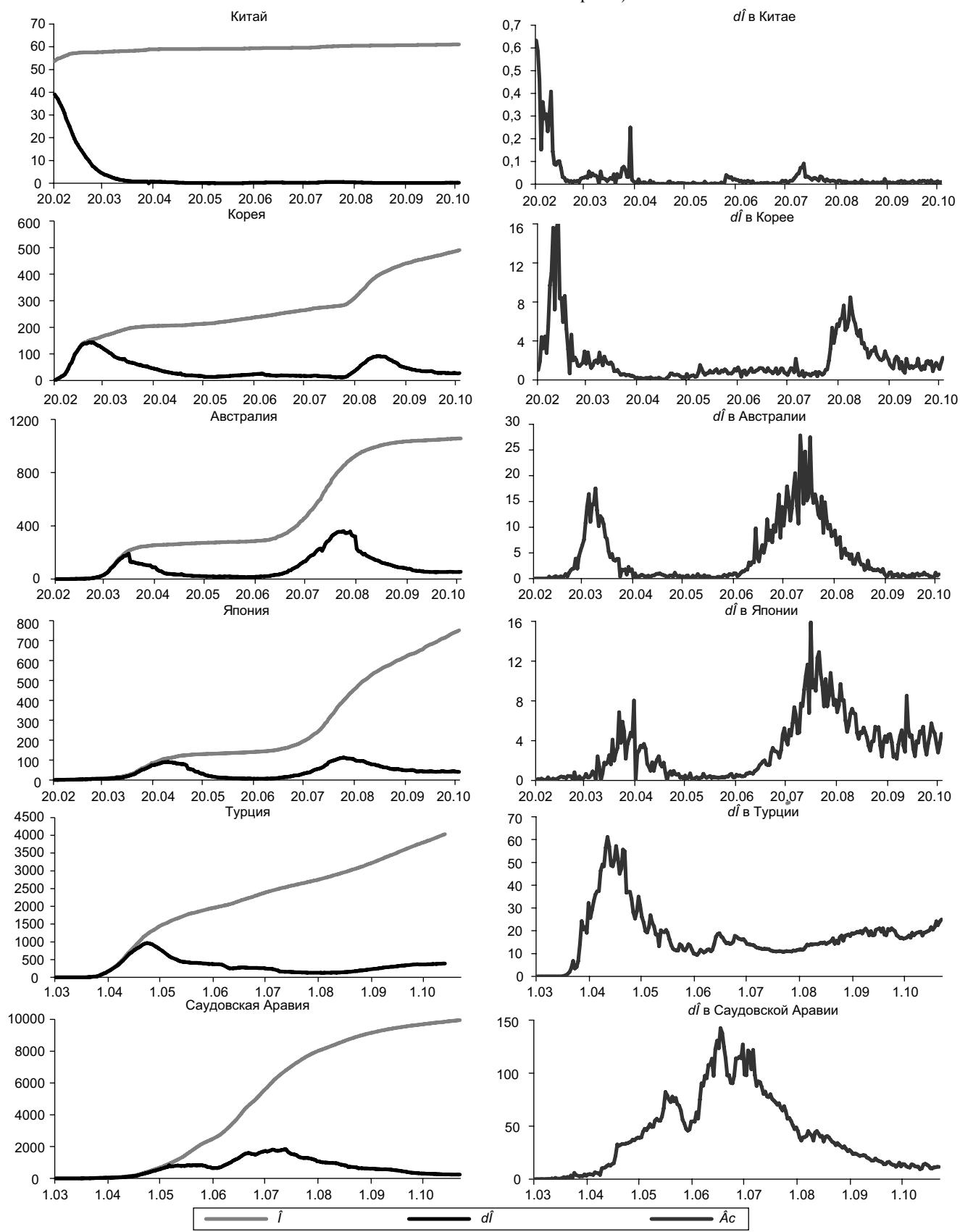
Литература

1. **Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П.** Динамические системы и модели биологии. М.: Физматлит, 2011.
2. **Щелканов М.Ю.** и др. История изучения и современная классификация коронавирусов // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 2. С. 221-246.
3. **van den Driessche P., Watmough J.** Reproduction numbers and sub-threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission // Mathematical Biosciences. 2002. Vol. 180. Iss. 1-2. P. 29-48.
4. **Lewandowski P.** Occupational Exposure to Contagion and the Spread of COVID-19 in Europe. // IZA Discussion Papers No. 13227. May 2020.
5. **Acemoglu D.** et al. Optimal targeted lockdowns in a multi-group sir model // NBER Working Paper 27102. May 2020.
6. **Четвериков В.М.** Связь между балансом счета текущих операций и темпами роста для стран большой экономики // Вопросы статистики. 2018. Т. 25. № 5. С. 62-69.
7. **Rinaldi G., Paradisi M.** An empirical estimate of the infection fatality rate of COVID-19 from the first Italian outbreak. MedRxiv [Preprint] 2020. doi. doi.: <https://doi.org/10.1101/2020.04.18.20070912>.

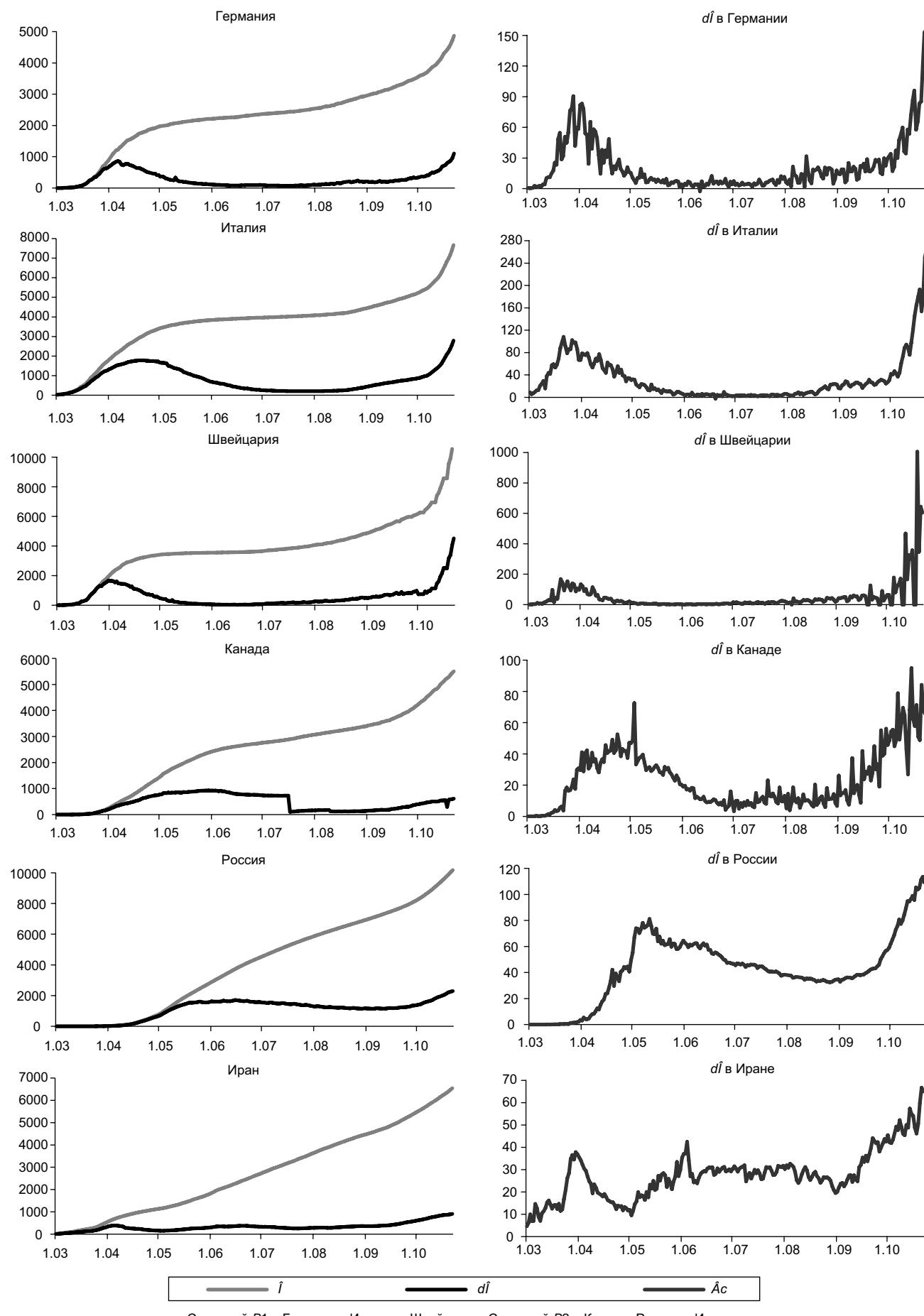
Информация об авторе

Четвериков Виктор Михайлович - д-р физ.-мат. наук, профессор департамента прикладной математики, Московский институт электроники и математики им. А.Н. Тихонова (МИЭМ НИУ ВШЭ). 123458, г. Москва, Таллинская ул., д. 34. E-mail: chet_vic@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3592-4441>.

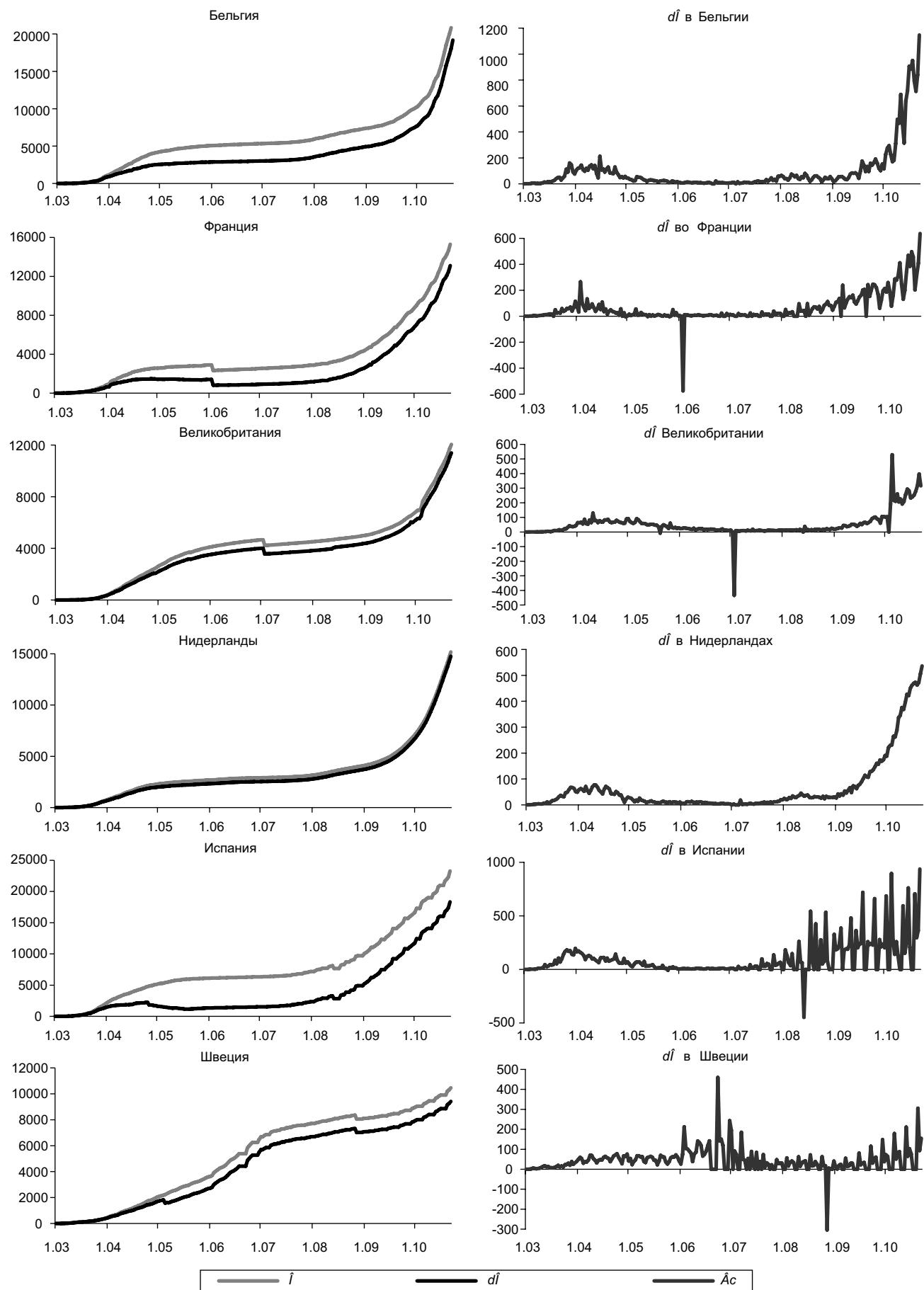
Иллюстрация сценариев динамики распространения COVID-19 с 20 февраля по 22 октября 2020 г.
 (на графиках в левой колонке показана динамика величин \hat{I} и \hat{Ac} , в правой - динамика величины $d\hat{I}$;
 человек на 1 млн населения страны)



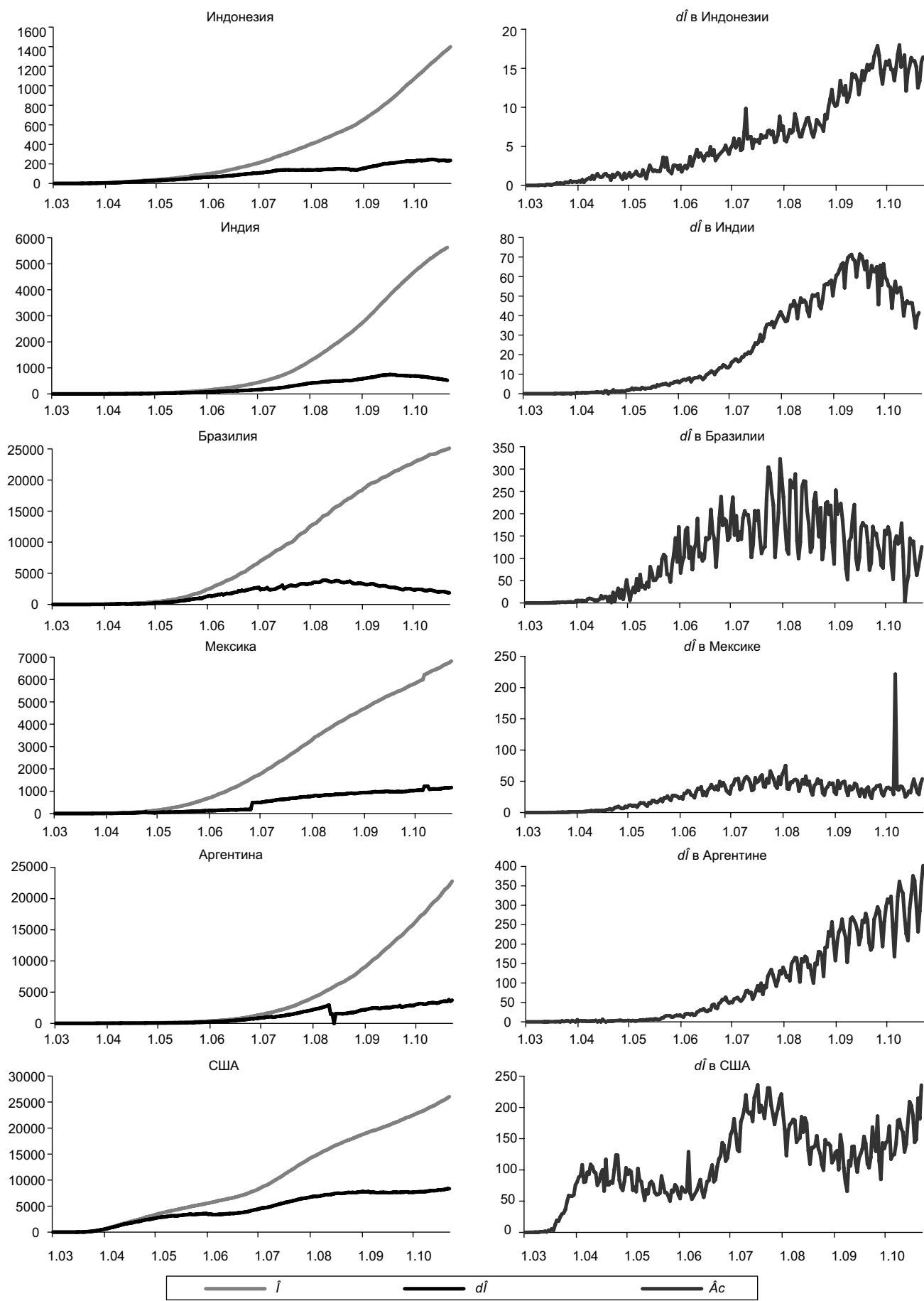
Сценарий A1 в Китае и Корее. Сценарий A2 в Австралии и Японии. Сценарий A3 в Турции и Саудовской Аравии.



Сценарий B1 в Германии, Италии и Швейцарии. Сценарий B2 в Канаде, России и Иране.



Сценарий В3 в Бельгии и Франции. Сценарий В4 в Великобритании, Нидерландах, Испании и Швеции.



Сценарий С1 в Индонезии, Индии, Бразилии и Мексике. Сценарий С2 в Аргентине. Сценарий С3 в США.

Опыт Республики Корея

Республика Корея смогла остановить распространение инфекции без жестких мер Китая на ограничение свободы передвижения, а также без закрытия границ, как сделали это в Европе и США, пишет The New York Times¹⁷. Республика Корея своим примером доказала, что вирус можно сдержать не останавливая экономику, но будет ли работать ее модель за рубежом? Перенимая опыт Южной Кореи, западные страны могут столкнуться с тремя препятствиями, ни одно из которых не связано с затратами или технологиями, считает The New York Times. Это слабая политическая воля, низкий уровень общественного доверия и время, которого уже нет. Издание также выделяет *четыре урока*, которые нужно вынести из опыта Южной Кореи.

1) Действовать быстро.

Через неделю после выявления первого зараженного, 27 января 2020 г. власти Республики Корея встретились с представителями более 20 медицинских компаний и призвали их немедленно приступить к разработке тестов для массового производства. Первый набор для теста, сделанный компанией Kogene Biotech Co, получил одобрение правительства 4 февраля. На тот момент в стране было зарегистрировано всего 16 случаев заболевания вирусом COVID-19. Поставка тестов началась три дня спустя.

«Республика Корея - открытое общество, и она хотела бы защитить свободу людей передвигаться и путешествовать», - объяснял министр здравоохранения Пак Нын Ху, - Вот почему мы проводим большое количество тестов»¹⁸. Впрочем, меры карантинного характера корейским властям все же пришлось вводить. 18 февраля коронавирус был выявлен в городском миллионнике Тегу у одной из пациенток. Власти сразу объявили Тегу «зоной особого внимания», закрыли школы, призвали жителей не выходить из дома и отправили туда дополнительных врачей, койки и оборудование.

2) Делать много тестов.

За день Республика Корея может тестировать до 20000 человек. Чтобы снять повышенную нагрузку на больницы, в стране было создано 633 центра, предназначенных только для тестирования на коронавирус, включая 50 станций на парковках, в которых люди могут пройти тест, не покидая своих автомобилей. Там они заполняют анкету, у них замеряют темпера-

туру и берут мазок из горла. Процесс занимает около 10 минут. Образцы, которые хранятся в герметичных контейнерах при 4°C, доставляются в фургонах в 118 лабораторий. Результаты теста сообщаются в течение нескольких часов.

«Тестирование занимает центральное место, поскольку раннее обнаружение вируса сводит к минимуму его дальнейшее распространение и позволяет быстро лечить заболевших», - рассказал глава южнокорейского МИД Кан Гён Хуа. Он считает, что тесты - это «ключ к нашему очень низкому уровню смертности»¹⁹.

3) Отслеживать, изолировать и контролировать.

Республика Корея разработала методы активного отслеживания контактов еще во время вспышки эпидемии MERS (так называемый ближневосточный респираторный синдром) в 2015 г., пишет The New York Times. Медицинские работники отслеживали движения пациентов, используя записи с камер наблюдения, транзакции с кредитных карт и даже данные GPS с их автомобилей и мобильных телефонов. «Мы проводили наши эпидемиологические расследования, как полицейские, - рассказал эпидемиолог Ки Мо Ран, который консультирует правительство по борьбе с коронавирусом. Позже мы пересмотрели законы и обозначили приоритет безопасности общества над конфиденциальностью частной жизни».

Корейцы восприняли вторжение властей в частную жизнь как необходимый компромисс, пишет The New York Times. Те люди, которым предписано быть на карантине, должны установить на свой телефон специальное приложение, которое оповещает власти, если человек нарушил режим изоляции. Штраф за нарушение карантина может достигать 2500 долларов. На телефоны приходят оповещения в случае, если поблизости выявлен случай заражения. На веб-сайтах и в приложениях для смартфонов можно получить почевые, а иногда и поминутные данные о перемещении зараженных людей: какие автобусы они использовали, когда и куда они садились и выходили, даже информацию о том, носили ли они защитные маски.

4) Заручиться поддержкой общества.

«Для того, чтобы победить эпидемию, необходимо предоставлять гражданам полный объем информации и требовать от них сотрудничества», говорит замминистра здравоохранения страны Ким Ган Лип.

¹⁷ URL: <https://www.nytimes.com/2020/03/23/world/asia/coronavirus-south-korea-flatten-curve.html?action=click&module=Top%20Stories&pgtype=Homepage>.

¹⁸ URL: <https://edition.cnn.com/2020/03/12/asia/coronavirus-south-korea-testing-intl-hnk/index.html>.

¹⁹ URL: <https://www.bbc.com/news/av/world-asia-51897979>.

References

1. Bratus A.S., Novozhilov A.S., Platonov A.P. *Dynamical Systems and Models in Biology*. Moscow: Fizmatlit Publ.; 2011. (In Russ.)
2. Shchelkanov M.Yu. et al. History of Investigation and Current Classification of Coronaviruses (Nidovirales: Coronaviridae). *Russian Journal of Infection and Immunity*. 2020;10(2):221-246. (In Russ.)
3. van den Driessche P., Watmough J. Reproduction Numbers and Sub-Threshold Endemic Equilibria for Compartmental Models of Disease Transmission. *Mathematical Biosciences*. 2002;180(1-2):29-48.
4. Lewandowski P. Occupational Exposure to Contagion and the Spread of COVID-19 in Europe. *IZA Discussion Papers No. 13227*. May 2020.
5. Acemoglu D., et al. Optimal Targeted Lockdowns in a Multi-Group SIR Model. *NBER Working Paper No. 27102*. May 2020.
6. Chetverikov V.M. The Relationship Between the Current Account Balance and Growth Rates for Large Economies. *Voprosy Statistiki*. 2018;25(5):62-69. (In Russ.)
7. Rinaldi G., Paradisi M. An Empirical Estimate of the Infection Fatality Rate of COVID-19 from the First Italian Outbreak. *MedRxiv [Preprint]* 2020. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.04.18.20070912> (accessed April 23, 2020).

About the author

Victor M. Chetverikov - Dr. Sci. (Phys. and Math.), Professor, School of Applied Mathematics, HSE Tikhonov Moscow Institute of Electronics and Mathematics (MIEM HSE). 34, Tallinskaya Str., Moscow, 123458, Russia. E-mail: chet_vic@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3592-4441>.