

НЕСКОЛЬКО ОДНОВРЕМЕННЫХ ВОЛН В РАСПРОСТРАНЕНИИ COVID-19.

ОБЪЯСНЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЛАТО.

П.С. Гринчук, С.П. Фисенко

Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, г. Минск.

gps@hmti.ac.by

(01 июня 2020 г.)

Особенностью развития заболеваемости коронавирусом в ряде стран является длительное нахождение на плато по количеству новых случаев заболевания в день либо медленное уменьшение количества таких случаев. Такая ситуация характерна для Соединенных Штатов, Великобритании, Канады, Республики Беларусь, Швеции, Индонезии, Польши, Украины и др. Предложена модель, согласно которой распространение коронавируса в достаточно больших странах может осуществляться в виде нескольких одновременных волн, развивающихся независимо в населенных пунктах с различной плотностью населения. На основании статистического анализа общедоступных данных и модели одновременного распространения нескольких волн коронавируса на примере Республики Беларусь получено качественное объяснение и количественное описание длительного плато.

Прогнозирование распространения COVID-19 является одним из сложных этапов борьбы с пандемией. Точный прогноз позволяет правильно распределить имеющиеся ресурсы для эффективного противодействия эпидемии. Специалисты со всего мира работают в этом направлении. С абсолютной точностью предсказать распространение COVID-19 нельзя. Однако качество прогнозирования можно улучшить, если периодически проводить корректировку результатов.

Особенностью развития эпидемической ситуации в ряде стран, таких как Соединенные Штаты, Великобритания, Канада, Республика Беларусь, Швеция, Индонезия, Польша, Украина и др., стало длительное плато по количеству новых случаев заболевания либо медленное уменьшение ежедневных случаев (Рисунок 1). При этом могут наблюдаться периодические семидневные колебания, связанные, вероятно, с недельными циклами активности населения. Отметим, что такая ситуация в целом характерна для суммарных показателей эпидемии по всему миру, когда общее количество заболевших держится на уровне 80-100 тысяч новых случаев в день начиная с первой декады апреля.

Для быстропротекающих заболеваний, с инкубационным периодом в несколько дней [2], наличие длительного плато не является характерным. Более типичной является развитие эпидемической ситуации по сценарию «рост - пиковая фаза - спад», когда продолжительность пиковой фазы в разы короче, чем фазы роста. Для обсуждаемых в работе случаев длительность плато сопоставима и даже превышает продолжительность фазы быстрого роста. Такая особенность вызывает вопросы с точки зрения понимания на основе классических математических моделей эпидемиологии.

Уже к середине весны 2020 года появились сообщения об ожидании второй волны распространения вируса [3]. Что-то похожее на вторую волну в мае 2020 года развилось в Иране [1]. Отметим, что имеется в виду вторая волна заболевания в одной и той же популяции по прошествии определенного времени. Но существует и феномен одновременного распространения нескольких волн в разных субпопуляциях одной популяции. Именно он, по нашему мнению, объясняет наблюдающиеся ситуации с плато.

В результате анализа возможных причин феномена длительного плато мы пришли к выводу, что он может быть связан с региональными особенностями распределения населения по населенным пунктам и с возникновением нескольких волн распространения вирусного заболевания. На примере Республики Беларусь мы хотим показать, что длительное плато может быть описано одновременным распространением нескольких условно независимых волн вирусного заболевания в различных населенных пунктах. Суть этого явления, по нашему мнению, в следующем. В начале эпидемии все

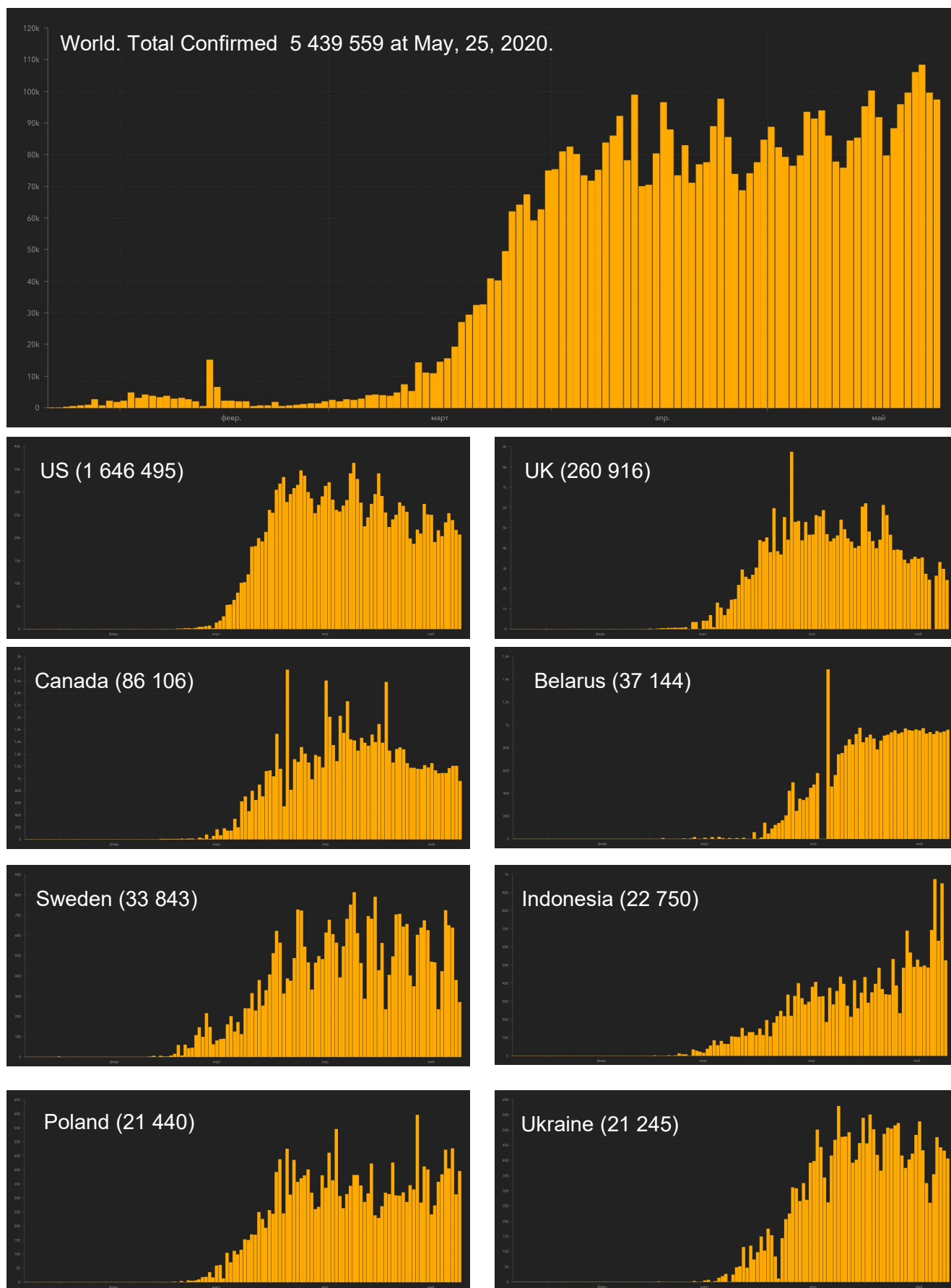


Рисунок 1. Динамика количества новых ежедневных случаев заболевания коронавирусом в целом в мире и по отдельным странам с длительным плато или медленным уменьшением заболеваемости ССOVID-19 по состоянию на 25 мая 2020 г. [1].

страны закрыли свои границы. Поэтому каждую из стран, в том числе и Республику Беларусь, можно рассматривать как замкнутую популяцию. Однако внутри этой популяции население распределено неравномерно. Можно считать достаточно надежным тот факт, что плотность населения является одним из ключевых факторов, влияющих на скорость распространения респираторных вирусов [4,5]. В больших городах с высокой плотностью и высокой мобильностью людей распространение вируса идет наиболее интенсивно. Печальными примерами этому в ситуации с коронавирусом служат такие мегаполисы как Нью-Йорк и Москва.

Таким образом, с точки зрения плотности населения Республику Беларусь можно условно разбить на 3 субпопуляции:

- 1) город Минск, плотность населения 5800 чел./км^2 ;
- 2) областные центры, где плотность населения от 2400 чел./км^2 (Брест) - 2600 чел./км^2 (Гродно) до 3800 чел./км^2 (Гомель), и крупные города областного подчинения (Полоцк, Орша, Бобруйск, Пинск и т.д.), с плотностью населения от 2100 чел./км^2 (Полоцк) до 2950 чел./км^2 (Орша);
- 3) средние и малые райцентры и сельские поселения с плотностью населения в десятки-сотни человек на квадратный километр (средняя плотность населения для Республики Беларусь составляет 46 чел./км^2).

Распространение вируса в каждой из этих субпопуляций должно происходить со своей скоростью, начало заболеваемости в каждой из них также может быть смещено по времени [5]. Логично предположить, что распространение заболевания начинается в самых больших городах с высокой плотностью населения и высокой мобильностью людей и затем, с определенной задержкой, заболевание приходит в субпопуляции с меньшей плотностью. С определенной степенью достоверности можно считать, что заболевание в каждой из агломераций протекает независимо (распространяется преимущественно внутри субпопуляции). Эти рассуждения лежат в основе проделанного ниже анализа.

Ранее мы использовали метод анализа статистических данных, изложенный в работе [6], для анализа и прогнозирования ситуации с динамикой заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь. Суть анализа состоит в построении зависимости новых зарегистрированных случаев заболевания от случаев в предыдущий день в логарифмических координатах. Авторы [1] обнаружили на примере ряда стран общую эмпирическую закономерность - степенную зависимость числа новых случаев заболевания в данный день от числа случаев заболевания в предыдущий:

$$C(n+1) = \alpha [C(n)]^\beta. \quad (1)$$

Здесь n – это дни, отсчитываемые с начала распространения эпидемического заболевания. Показатель степени β в зависимости (1) и коэффициент пропорциональности α должны оставаться постоянными во времени, если в популяции не менялась интенсивность социальных контактов, не изменялись сценарии социального поведения (рисунок 2). Наличие такой, относительно универсальной, зависимости, позволяет определить ее параметры на начальной стадии эпидемии и далее предсказать прирост заболеваемости на достаточно длительных временах в 1-2 месяца.

Можно показать [6], что соотношение (1) приводит к определенной функциональной зависимости для числа заболевших $C(n)$ в данной популяции от времени, т.е. от количества дней n с начала отсчета:

$$C(n) = \alpha^{\frac{1-\beta^n}{1-\beta}} [C(0)]^{\beta^n}. \quad (2)$$

Для построения прогнозной кривой необходимо еще начальное значение количества вовлеченных $C(0)$. Обычно принято в качестве начального дня использовать дату, когда общее количество заболевших в стране достигло определенного уровня. Поскольку на начальной стадии статистика по заболеваемости всегда проявляет значительные флуктуации, то зависимость (1) начинает работать, когда количество заболевших порядка 100 человек и более. Параметр $C(0)$ в нашей работе

определялся из условия минимизации ошибки аппроксимации фактических данных по заболеваемости в период 30 марта – 24 апреля. Его значение:

$$C(0) \approx 100. \quad (3)$$

Отметим, что используемый подход находится в русле логистических моделей популяционной динамики и распространения заболеваний [7-9] и берет свое начало в модели бельгийского математика Пьера Ферхлюста, впервые сформулированной еще в середине 19 века [10]. Дробное значение показателя, в свою очередь, вероятно, связано с фрактальным характером распространения этого заболевания. Для более глубокого понимания этой особенности, возможно, потребуется привлечение математического аппарата фрактальных логистических уравнений [11].

Уравнение для динамики распространения вирусного заболевания типа (1), (2) достаточно тесно связаны с классическим подходом, основанном на уравнении Ферхлюста и соответствующем обыкновенному дифференциальному уравнению. В аналогичных обозначениях это уравнение может быть записано как [12]

$$\frac{dC(t)}{dt} = k b C(t) \left\{ 1 - \frac{C(t)}{N} \right\}. \quad (4)$$

Здесь k - усредненная по всей популяции вероятность передачи инфекции от больного к здоровому человеку, b - среднее число контактов в день для среднего человека, N - численность популяции (население страны), $t = n$. Отметим, что хорошо известный индекс размножения вирусного заболевания R_0 записывается в этих обозначениях как $R_0 = kb$. Решение уравнения (4) с начальным условием $C|_{t=0} = C(0)$ хорошо известно и имеет вид

$$C(t) = \frac{C(0)N \exp(R_0 t)}{N + C(0)[\exp(R_0 t) - 1]} \quad (5)$$

Тогда для малых времен, $t \ll t_* = 1/R_0$ количество заболевших должно расти по экспоненциальному закону

$$C(t) \approx C(0) \exp(R_0 t) \quad (6)$$

Сопоставляя уравнения (2) и (6) и учитывая, что малым параметром является величина $\gamma = 1 - \beta \approx 0.05$, можно установить соответствие между параметрами

$$R_0 = kb \approx \ln \alpha + (\beta - 1) \ln C(0); \quad t, n \ll t_* = 1/R_0. \quad (7)$$

Мы вернемся к этому соотношению позже при анализе результатов. Отметим только, что согласно этому соотношению, большие числовые значения параметров α и β свидетельствуют о более высоком коэффициенте размножения в соответствующей популяции.

Дополнительные данные, накопившиеся к середине мая, показали определенное отклонение от прогнозной кривой, построенной по уравнениям (1), (2) на основании модели одной волны [13-15] (рисунок 3). Изначально мы предположили, что наблюдаемая ситуация с заболеваемостью может быть описана точнее, если допустить ее распространение в виде двух волн, которые независимо, но одновременно, развиваются в двух наиболее крупных из описанных выше агломераций. Добавление второй волны в модель повысило соответствие расчета и фактических данных в период с 40 по 50 день с начала отсчета. Но затем опять возникло определенное отклонение по ежедневным случаям

заболевания (рисунок 4). Это позволило предположить, что все-таки мы имеем дело с тремя одновременными и условно-независимыми волнами в трех описанных выше субпопуляциях.

Описанный характер развития трех волн заболеваемости свидетельствовал об их временном сдвиге друг относительно друга. Поэтому для получения числовых параметров модели был предложен следующий алгоритм. Характеристики первой, наиболее интенсивной волны, могут быть описаны параметрами, полученными по данным на начальной стадии развития эпидемии (6 марта – 30 апреля). Это было сделано в работе [14]. Новые данные и их отклонение от первой прогнозной кривой для одной волны распространения можно использовать для идентификации параметров второй волны. Для этого использовались данные с 33 по 50 день (рисунок 4). Наконец, для идентификации параметров третьей волны были использованы дополнительные статистические данные с 51 по 57 день.

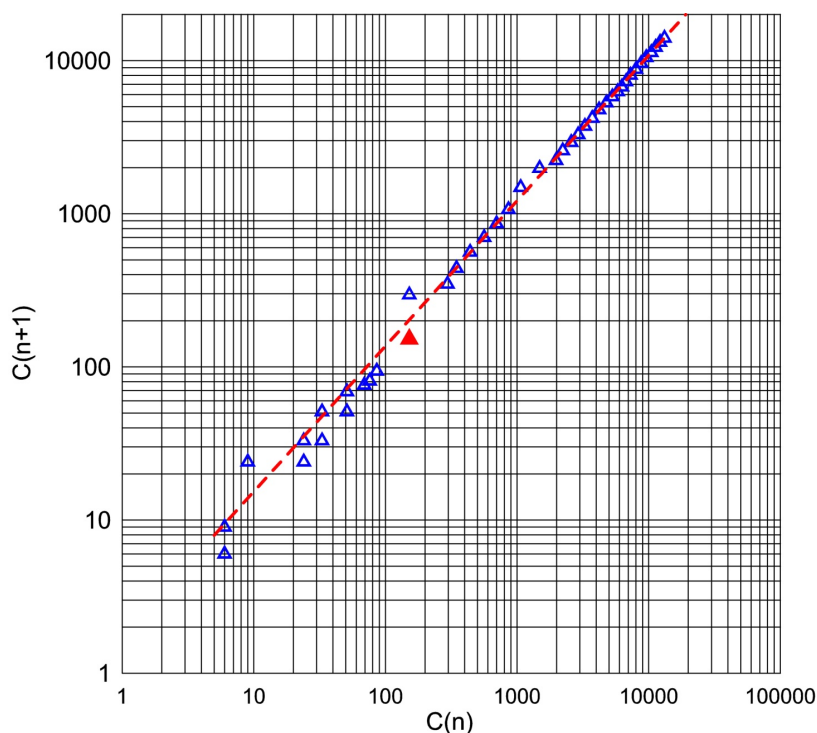


Рисунок 2. Уточненная зависимость количества вовлеченных в заболевание коронавирусом $C(n+1)$ в день $n+1$ от количества вовлеченных в предыдущий день $C(n)$ по статистическим данным заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь в период с 06 марта по 30 апреля 2020 г. [2]. Аппроксимация за период 30 марта (красный символ) – 30 апреля.

Таким образом, после всех уточнений, которые следуют из логики построения нашей модели и общедоступной статистической информации, эпидемическую ситуацию с коронавирусом в Республике Беларусь предлагается описать тремя независимыми волнами

$$C(n) = C_1(n) + C_2(n) + C_3(n). \quad (8)$$

Здесь n – это количество дней с начала распространения эпидемии. Как отмечалось выше, в качестве точки отсчета выбирается день, когда общее количество случаев превысило 100. Для республики Беларусь это 30 марта.

Для первой волны, согласно сделанным выше предположениям, справедливы следующие соотношения:

$$C_1(n+1) = \alpha_1 [C_1(n)]^{\beta_1}, \quad (9)$$

$$C_1(n) = \alpha_1^{\frac{1-\beta_1^n}{1-\beta_1}} [C_1(0)]^{\beta_1^n}, \quad (10)$$

Вторая волна описывается следующими соотношениями:

$$C_2(n_2 + 1) = \alpha_2 [C_2(n_2)]^{\beta_2}, \quad (11)$$

$$C_2(n_2) = \alpha_2^{\frac{1-\beta_2^{n_2}}{1-\beta_2}} [C_2(0)]^{\beta_2^{n_2}}, \quad (12)$$

$$n_2 = n - \Delta n_2. \quad (13)$$

Наконец, третья волна описывается аналогичными соотношениями:

$$C_3(n_3 + 1) = \alpha_3 [C_3(n_3)]^{\beta_3}, \quad (14)$$

$$C_3(n_3) = \alpha_3^{\frac{1-\beta_3^{n_3}}{1-\beta_3}} [C_3(0)]^{\beta_3^{n_3}}, \quad (15)$$

$$n_3 = n - \Delta n_3. \quad (16)$$

Здесь $\Delta n_2, \Delta n_3$ - время задержки второй и третьей волны относительно первой (в днях). Таким образом, по имеющимся данным необходимо определить 8 параметров для второй и третьей волны: $\alpha_2, \beta_2, C_2(0), \Delta n_2$ и $\alpha_3, \beta_3, C_3(0), \Delta n_3$. В качестве целевой функции рассматривалось среднеквадратичное отклонение расчетных и фактических данных по общему количеству случаев заболевания за весь период. Поиск оптимальных параметров математической модели осуществлялся градиентным методом наискорейшего спуска [12]. Результаты такого оптимизационного поиска оказались следующими:

$$\alpha_1 = 1.72(4), \beta_1 = 0.94(9), C_1(0) = 100; \quad (17)$$

$$\alpha_2 = 1.72(7), \beta_2 = 0.94(2), C_2(0) = 24, \Delta n_2 = 25; \quad (18)$$

$$\alpha_3 = 1.72(7), \beta_3 = 0.94(2), C_3(0) = 9, \Delta n_3 = 39. \quad (19)$$

Важно подчеркнуть, что вторая и третья волны описываются фактически одинаковыми параметрами α и β , которые близки по величине и к параметрам первой волны (отличие только в третьем знаке после запятой). Все параметры совпадают в пределах погрешности используемого метода обработки данных. Вторая и третья волны отличаются, как мы и ожидали, меньшим начальным значением числа заболевших $C_2(0) = 24, C_3(0) = 9$, и характеризуются смещением ориентировочно в 25 дней и 39 дней относительно первой волны. В первом приближении можно предположить, что внутренние закономерности распространения трех обсуждаемых волн эпидемий внутри различных субпопуляций Республики Беларусь приблизительно одинаковы (параметры α и β). Волны отличаются только своей интенсивностью (амплитудой) и временем начала.

В недавней работе российских математиков исследованы особенности решения обратных задач эпидемиологии [17]. Фактически в нашей работе мы тоже имеем дело с обратной коэффициентной задачей. Авторы [17] указывают на тот факт, что целевой функционал имеет глобальные и локальные минимумы. В силу того, что целевой функционал имеет множество локальных минимумов в многомерной области параметров, решение задачи минимизации осуществляется в два этапа: сначала применяются методы оптимизации, определяющие области глобального минимума (методы имитации отжига, роя частиц, тензорного разложения, дифференциальной эволюции и т.д.), а затем применяются

локальные градиентные методы, позволяющие в найденной области уточнить глобальный минимум, а значит, и решение исследуемой задачи. Этот аспект тоже может внести определенные коррективы в представленные результаты и может стать предметом дальнейших исследований.

Использование соотношения (7) для групп параметров (17) – (19) позволяет получить количественную оценку для коэффициента размножения $R_0 \approx 0.31 \div 0.42$. Однако вопрос о взаимосвязи параметров нашей модели и коэффициента размножения также требует отдельного подробного исследования.

Результаты прогнозного расчета в приближении трех волн по соотношениям (8)-(19) представлены на рисунке 5 и в таблице приложения. На основе этих данных читатели смогут сделать самостоятельные выводы. Погрешность наших расчетов на временных интервалах порядка 1 месяца мы по-прежнему оцениваем в 10-15 %. Данные, приведенные на рисунках 3,4, свидетельствуют о корректности таких оценок. Выполненные прогнозные расчеты справедливы до тех пор, пока условия развития процесса заболеваемости соответствуют условиям, при которых получены исходные статистические данные для прогноза.

Для лучшего понимания точности различных приближений мы привели результаты рассмотрения в приближении одной, двух и трех волн (рисунки 3, 4, 5 соответственно). Для наглядности цветом выделен вклад каждой из волн. Как можно видеть, наиболее точным является приближение модели трех волн (рисунок 5). Отметим, что никаких аномалий в статистических данных по заболеваемости коронавирусом в РБ нет. Построение корректной математической модели требует знания и учета региональных особенностей страны. Поэтому выполнение аналогичных расчетов для стран, упомянутых во введении (рисунок 1) мы оставляем для исследователей из соответствующих стран.

Мы полагаем, что в рамках предлагаемого подхода в данной работе достигнут определенный предел точности модели. Модель построена на достаточно ограниченной статистической информации по ежедневной заболеваемости в период с 6 марта по 25 мая (81 точка, из которых для анализа использовалось 57 точек). Построение модели с более высокой точностью предсказания динамики развития заболеваемости коронавирусом потребует привлечение на порядки большего объема статистических данных, значительно больших усилий по их обработке и построению модели и нахождению ее параметров.

Можно предположить, что развитые в серии наших работ подходы окажутся полезными в будущем при анализе распространения сезонных респираторных вирусных инфекций, например, гриппа.

Отметим в заключении, что данная работа выполнена в порядке личной инициативы авторов.

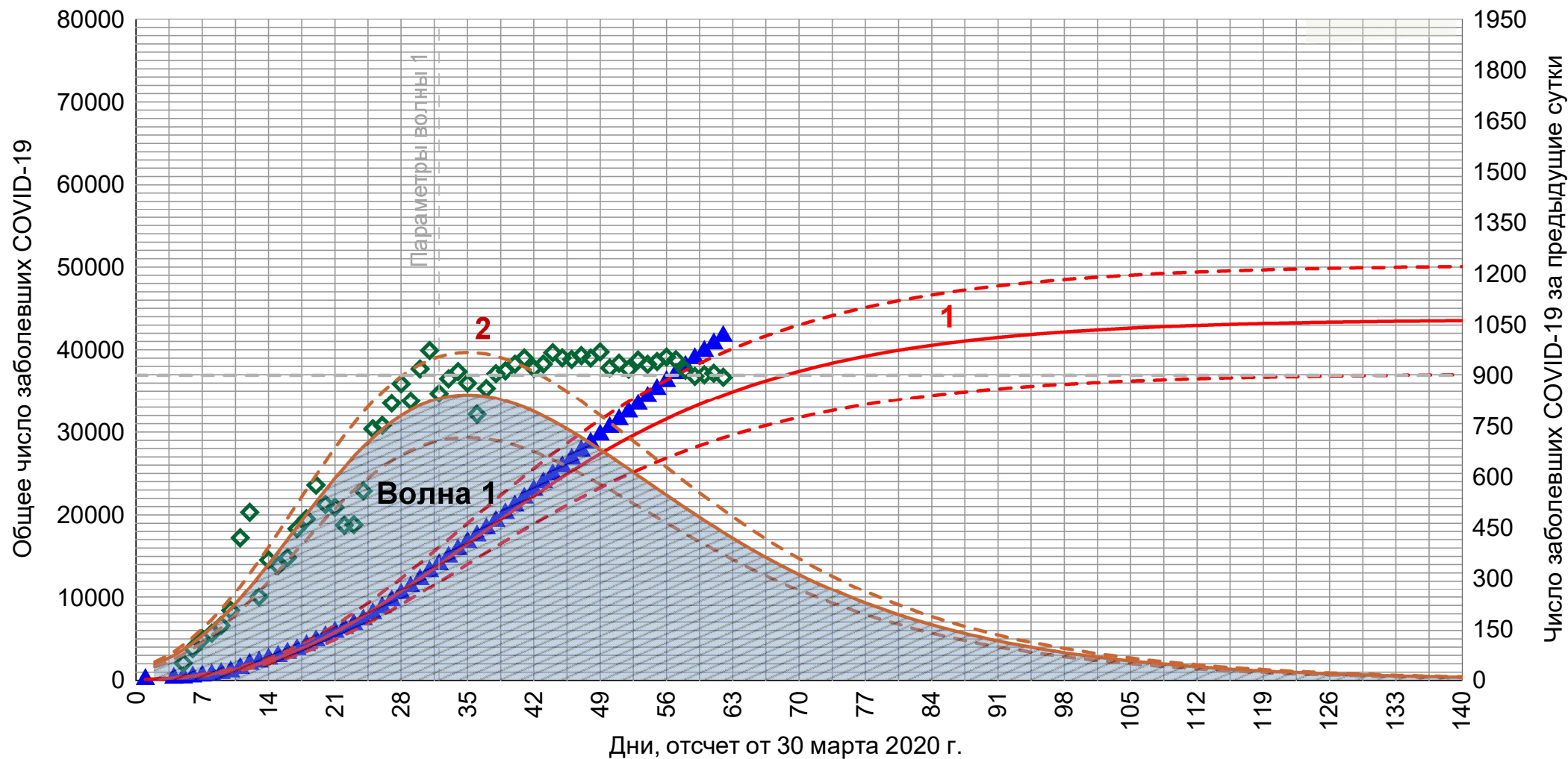


Рисунок 3. Результаты расчета динамики распространения коронавируса COVID-19 в Республике Беларусь в приближении **одной волны** распространения. Параметры волны определены по состоянию на 30 апреля 2020 г. (уравнение (17)). Фактические данные указаны до 30 мая. Кривая **1** (левая ось ординат) – прогнозный расчет для общего количества заболевших; синие символы – фактические данные; **2** (правая ось ординат) - прогнозный расчет для количества вновь заболевших в данный день, зеленые символы – фактические данные. Пунктирные линии – область погрешности прогнозных расчетов.

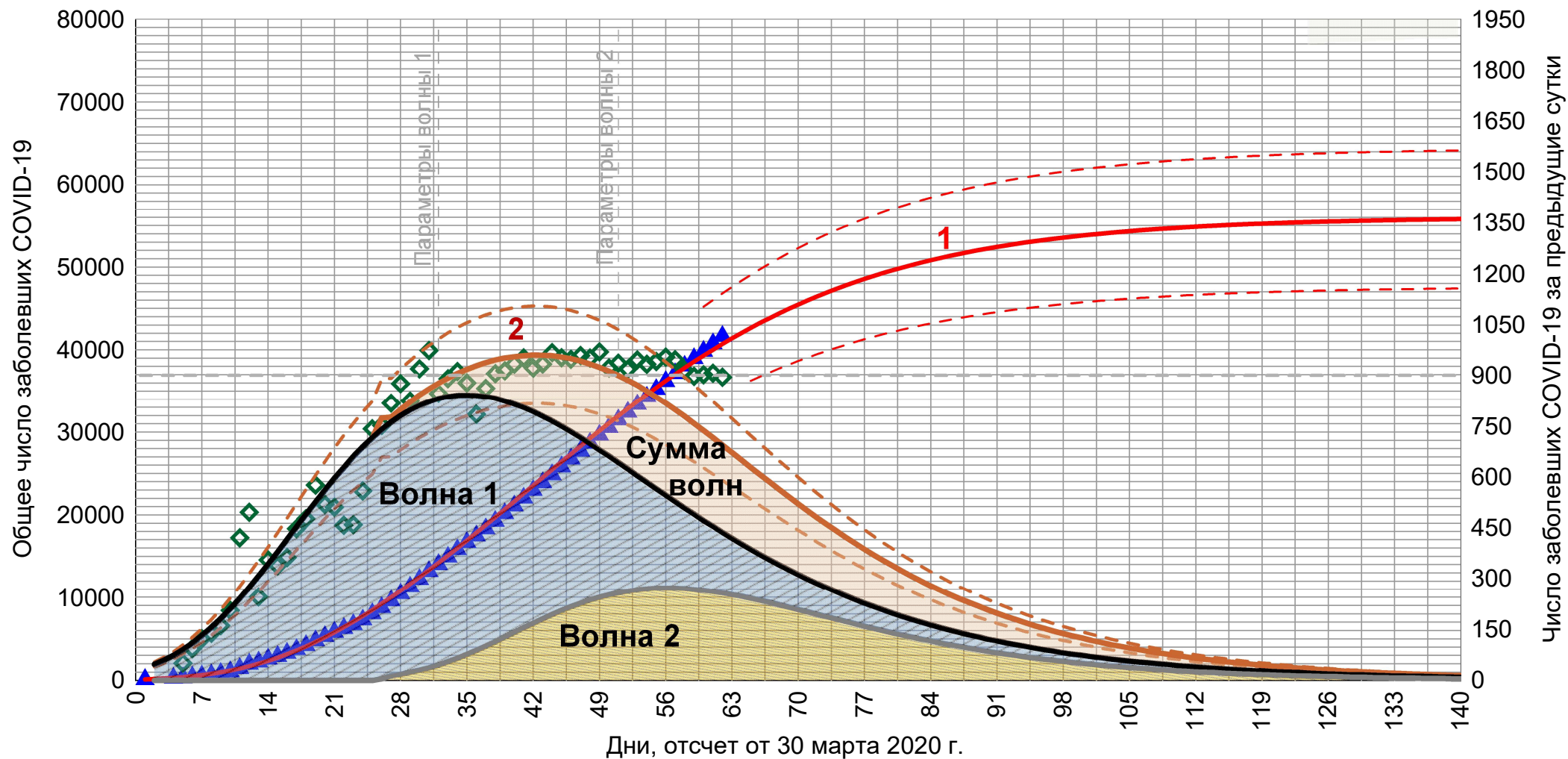


Рисунок 4. Результаты расчета динамики распространения коронавируса COVID-19 в Республике Беларусь в приближении **двух волн** распространения. Параметры второй волны определены по состоянию на 19 мая 2020 г. (уравнение (18)). Фактические данные указаны до 30 мая. Кривая **1** (левая ось ординат) – прогнозный расчет для общего количества заболевших; синие символы – фактические данные; **2** (правая ось ординат) – прогнозный расчет для количества вновь заболевших в данный день, зеленые символы – фактические данные. Пунктирные линии – область погрешности прогнозных расчетов.

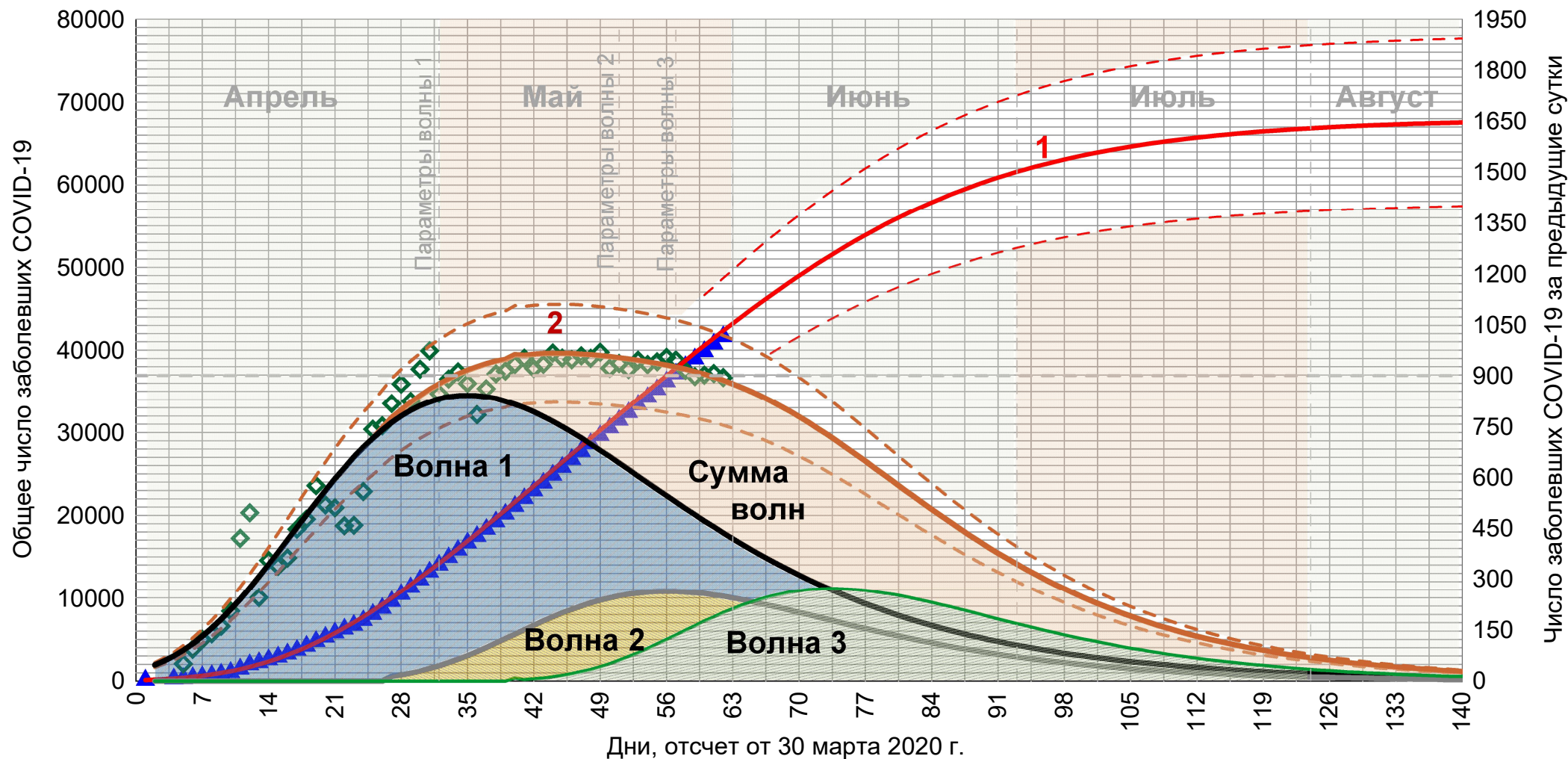


Рисунок 5. Результаты расчета динамики распространения коронавируса COVID-19 в Республике Беларусь в приближении **трех волн** распространения. Параметры третьей волны определены по состоянию на 25 мая 2020 г. (уравнение (19)). Фактические данные указаны до 30 мая. Кривая **1** (левая ось ординат) – прогнозный расчет для общего количества заболевших; синие символы – фактические данные; **2** (правая ось ординат) - прогнозный расчет для количества вновь заболевших в данный день, зеленые символы – фактические данные. Пунктирные линии – область погрешности прогнозных расчетов. Цветом показан **вклад каждой из обсуждаемых в тексте работы трех волн** в общую динамику распространения заболевания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. COVID-19 Dashboard by the Center for Systems Science and Engineering at Johns Hopkins University. <https://www.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/bda7594740fd40299423467b48e9ecf6>
2. Lauer S. A. et al. The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application // *Annals of Internal Medicine*. 2020. V. 172. Iss. 9. Pp. 577-582.
3. Xu S., Li Y. Beware of the second wave of COVID-19 // *The Lancet*. 2020. V. 395. Iss. 10233. Pp. 1321-1322.
4. Rocklöv J., Sjödin H. High population densities catalyse the spread of COVID-19 // *Journal of Travel Medicine*. 2020. V. 27. Iss. 3. Art # taaa038. doi: 10.1093 / jtm / taaa038.
5. Pedrosa R. H. L. The dynamics of Covid-19: weather, demographics and infection timeline // *medRxiv*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.21.20074450>.
6. Fanelli D., Piazza F. Analysis and forecast of COVID-19 spreading in China, Italy and France // *Chaos, Solitons & Fractals*. 2020. V. 134. Art. # 109761.
7. Blumberg A. A. Logistic growth rate functions // *Journal of Theoretical Biology*. 1968. V. 21. Iss. 1. Pp. 42-44.
8. A. Tsoularis, J. Wallace. Analysis of logistic growth models // *Mathematical Biosciences*. 2002. V. 179. Iss. 1. Pp. 21-55.
9. А.А. Куркин, О.Е. Куркина, Е.Н. Пелиновский. Логистические модели распространения эпидемий. Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2020. № 2 (129). С. 9-18.
10. P.F. Verhulst. Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement // *Correspondance Mathematique et Physique*, 1838, V. 10. P. 113-121.
11. Khalili Golmankhaneh A., Cattani C. Fractal logistic equation // *Fractal and Fractional*. 2019.V. 3. Iss. 3. Pp. 41. doi: 10.3390 / fractalfract3030041.
12. Nahushev A. M. Equations of Mathematical Biology, Higher School, Moscow, 1995.
13. Последняя информация о коронавирусе в Беларуси и мире (URL <https://news.tut.by/coronavirus-map/>).
14. П.С. Гринчук. Прогноз развития заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь. Уточненные данные. Preprints.ru. Препринт от 01.05.2020 г. DOI: <https://doi.org/10.24108/preprints-3112037>
15. П.С. Гринчук, С.П. Фисенко. Две волны в динамике заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь. Preprints.ru. Препринт от 20.05.2020 г. DOI: <https://doi.org/10.24108/preprints-3112048>
16. Г. Корн, Т. Корн. Справочник по математике: Пер. с англ. Под ред. И.Г. Арамановича. М.: Наука. – 1978.
17. Кабанихин С. И., Криворотько О. И. Оптимизационные методы решения обратных задач иммунологии и эпидемиологии // *Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2020. Т. 60. №. 4. С. 590-600.

Приложение. Результаты прогнозного расчета заболеваемости коронавирусом в Республике Беларусь в период весны-лета 2020 г. по модели трех волн распространения. Точность прогнозного расчета оценивается в 10-15% на период 30-50 дней.

Дата	День отсчета	Количество заболевших за день (волна 1). Прогноз.	Количество заболевших за день (волна 2). Прогноз.	Количество заболевших за день (волна 3). Прогноз.	Суммарное количество заболевших за день. Прогноз.	Суммарное количество заболевших за день. Фактические данные	Суммарное количество заболевших. Прогноз	Суммарное количество заболевших за день. Фактические данные
1	2	3	4	5	6	7	8	9
30.мар	1	-	-	-	-	-	136	152
31.мар	2	47	0	0	47	-	183	-
01.апр	3	59	0	0	59	-	242	-
02.апр	4	73	0	0	73	-	315	296
03.апр	5	90	0	0	90	51	406	347
04.апр	6	109	0	0	109	93	515	440
05.апр	7	131	0	0	131	122	646	562
06.апр	8	155	0	0	155	138	801	700
07.апр	9	181	0	0	181	161	982	861
08.апр	10	210	0	0	210	205	1192	1066
09.апр	11	240	0	0	240	420	1432	1486
10.апр	12	273	0	0	273	495	1704	1981
11.апр	13	307	0	0	307	245	2011	2226
12.апр	14	342	0	0	342	355	2353	2581
13.апр	15	378	0	0	378	338	2731	2919
14.апр	16	415	0	0	415	362	3146	3281
15.апр	17	452	0	0	452	447	3598	3728
16.апр	18	489	0	0	489	476	4086	4204
17.апр	19	525	0	0	525	575	4611	4779
18.апр	20	560	0	0	560	518	5172	5297
19.апр	21	595	0	0	595	510	5767	5807
20.апр	22	627	0	0	627	457	6394	6264
21.апр	23	659	0	0	659	459	7053	6723
22.апр	24	688	0	0	688	558	7740	7281
23.апр	25	714	0	0	714	741	8454	8022
24.апр	26	739	34	0	773	751	9228	8773
25.апр	27	761	14	0	775	817	10002	9590
26.апр	28	780	18	0	798	875	10801	10465
27.апр	29	797	24	0	820	824	11621	11289
28.апр	30	811	30	0	841	919	12462	12208
29.апр	31	822	37	0	859	973	13321	13181
30.апр	32	831	45	0	876	846	14197	14027

1	2	3	4	5	6	7	8	9
01.май	33	837	55	0	891	890	15088	14917
02.май	34	840	65	0	905	911	15993	15828
03.май	35	841	76	0	917	877	16911	16705
04.май	36	840	88	0	928	784	17839	17489
05.май	37	837	100	0	937	861	18776	18350
06.май	38	832	113	0	945	905	19721	19255
07.май	39	824	127	0	951	913	20672	20168
08.май	40	815	140	14	969	933	21641	21101
09.май	41	805	154	7	965	951	22606	22052
10.май	42	793	167	9	969	921	23575	22973
11.май	43	779	180	12	972	933	24547	23906
12.май	44	765	193	16	974	967	25520	24873
13.май	45	749	205	21	975	952	26495	25825
14.май	46	733	216	27	976	947	27471	26772
15.май	47	716	226	34	976	958	28447	27730
16.май	48	698	236	42	975	951	29422	28681
17.май	49	679	244	50	974	969	30395	29650
18.май	50	661	251	60	972	922	31368	30572
19.май	51	642	257	71	970	936	32337	31508
20.май	52	623	262	82	967	918	33305	32426
21.май	53	603	266	95	964	945	34269	33371
22.май	54	584	269	107	960	932	35229	34303
23.май	55	565	271	121	956	941	36185	35244
24.май	56	546	271	134	951	954	37137	36198
25.май	57	527	271	148	945	946	38082	37144
Дата уточнения параметров 3-й волны по фактическим данным								
26.май	58	508	270	161	939	915	39021	38059
27.май	59	490	267	175	932	897	39953	38956
28.май	60	471	265	187	923	902	40876	39858
29.май	61	454	261	200	914	906	41790	40764
30.май	62	436	257	211	904	894	42694	41658
31.май	63	419	252	222	893	-	43587	-
01.июн	64	402	247	232	881	-	44468	-
02.июн	65	386	241	240	868	-	45335	-
03.июн	66	370	235	248	853	-	46189	-
04.июн	67	355	229	255	838	-	47027	-
05.июн	68	340	222	260	822	-	47849	-
06.июн	69	326	215	265	805	-	48654	-
07.июн	70	312	208	268	788	-	49442	-
08.июн	71	298	201	270	769	-	50211	-
09.июн	72	285	194	271	750	-	50962	-
10.июн	73	273	187	271	731	-	51692	-
11.июн	74	261	180	270	711	-	52403	-
12.июн	75	249	173	269	690	-	53093	-
13.июн	76	238	166	266	670	-	53763	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14.июн	77	227	159	263	649	-	54412	-
15.июн	78	217	152	259	628	-	55040	-
16.июн	79	207	146	254	607	-	55646	-
17.июн	80	197	139	249	586	-	56232	-
18.июн	81	188	133	244	565	-	56797	-
19.июн	82	179	127	238	544	-	57341	-
20.июн	83	171	121	231	523	-	57864	-
21.июн	84	163	116	225	503	-	58367	-
22.июн	85	155	110	218	483	-	58851	-
23.июн	86	148	105	211	464	-	59314	-
24.июн	87	141	100	204	445	-	59759	-
25.июн	88	134	95	197	426	-	60185	-
26.июн	89	128	90	190	408	-	60592	-
27.июн	90	121	85	183	390	-	60982	-
28.июн	91	116	81	176	373	-	61355	-
29.июн	92	110	77	169	356	-	61711	-
30.июн	93	105	73	162	340	-	62050	-
01.июл	94	100	69	155	324	-	62374	-
02.июл	95	95	66	149	309	-	62683	-
03.июл	96	90	62	142	294	-	62978	-
04.июл	97	86	59	136	280	-	63258	-
05.июл	98	81	56	130	267	-	63525	-
06.июл	99	77	53	124	254	-	63779	-
07.июл	100	74	50	118	242	-	64021	-
08.июл	101	70	47	112	230	-	64250	-
09.июл	102	67	45	107	218	-	64468	-
10.июл	103	63	42	102	207	-	64676	-
11.июл	104	60	40	97	197	-	64873	-
12.июл	105	57	38	92	187	-	65059	-
13.июл	106	54	36	87	177	-	65237	-
14.июл	107	52	34	83	168	-	65405	-
15.июл	108	49	32	79	160	-	65565	-
16.июл	109	47	30	75	151	-	65716	-
17.июл	110	44	28	71	143	-	65859	-
18.июл	111	42	27	67	136	-	65995	-
19.июл	112	40	25	64	129	-	66124	-
20.июл	113	38	24	60	122	-	66246	-
21.июл	114	36	23	57	116	-	66362	-
22.июл	115	34	21	54	109	-	66471	-
23.июл	116	32	20	51	104	-	66575	-
24.июл	117	31	19	48	98	-	66673	-
25.июл	118	29	18	46	93	-	66766	-
26.июл	119	28	17	43	88	-	66854	-
27.июл	120	26	16	41	83	-	66937	-
28.июл	121	25	15	39	79	-	67016	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
29.июл	122	24	14	37	74	-	67090	-
30.июл	123	23	13	35	70	-	67161	-
31.июл	124	21	13	33	67	-	67228	-
01.авг	125	20	12	31	63	-	67291	-
02.авг	126	19	11	29	60	-	67350	-
03.авг	127	18	11	27	56	-	67407	-
04.авг	128	17	10	26	53	-	67460	-
05.авг	129	17	9	24	50	-	67510	-
06.авг	130	16	9	23	48	-	67558	-
07.авг	131	15	8	22	45	-	67603	-
08.авг	132	14	8	21	43	-	67646	-
09.авг	133	13	7	19	40	-	67686	-
10.авг	134	13	7	18	38	-	67724	-
11.авг	135	12	7	17	36	-	67760	-
12.авг	136	12	6	16	34	-	67794	-
13.авг	137	11	6	15	32	-	67826	-
14.авг	138	10	6	15	30	-	67856	-
15.авг	139	10	5	14	29	-	67885	-
16.авг	140	9	5	13	27	-	67912	-
17.авг	141	9	5	12	26	-	67938	-
18.авг	142	8	4	11	24	-	67962	-
19.авг	143	8	4	11	23	-	67985	-
20.авг	144	8	4	10	22	-	68007	-
21.авг	145	7	4	10	20	-	68027	-
22.авг	146	7	3	9	19	-	68046	-
23.авг	147	6	3	9	18	-	68065	-
24.авг	148	6	3	8	17	-	68082	-
25.авг	149	6	3	8	16	-	68098	-
26.авг	150	6	3	7	15	-	68114	-
27.авг	151	5	3	7	15	-	68128	-
28.авг	152	5	2	6	14	-	68142	-
29.авг	153	5	2	6	13	-	68155	-
30.авг	154	4	2	6	12	-	68167	-
31.авг	155	4	2	5	12	-	68179	-