

# ЭПИДЕМИЯ COVID-19. ВТОРАЯ ВОЛНА. АВСТРАЛИЯ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ РАСЧЁТЫ И ПРОГНОЗЫ

Губенко С.И. Email: Gubenko17155@scientifictext.ru

Губенко Сергей Иванович – кандидат технических наук, пенсионер,  
г. Москва

**Аннотация:** предложен аналитический метод расчёта динамики эпидемических процессов. Рассмотрен случай нескольких (двух) волн эпидемии. Метод основан на аппроксимации фактических зависимостей числа инфицированных людей (числа умерших людей) функциями, которые содержат параметры. Значения этих параметров вычисляются методами оптимизации. Проведены расчёты для Австралии. Австралия в своё время эффективно справилась с первой волной эпидемии, но по прошествии некоторого времени началась вторая волна эпидемии. Сделан прогноз развития эпидемии.

**Ключевые слова:** эпидемия, COVID-19, вторая волна эпидемии, число инфицированных, число умерших, аналитические расчёты, прогнозы, Австралия.

## EPIDEMIC COVID-19. THE SECOND WAVE. AUSTRALIA. ANALYTICAL CALCULATIONS AND FORECASTS

Gubenko S.I.

Gubenko Sergey Ivanovich - Candidate of Technical Sciences, Retiree,  
MOSCOW

**Abstract:** an analytical method of calculating the dynamics of epidemic processes has been proposed. The case of several (two) waves of the epidemic is considered. The method is based on approximation of actual dependences of the number of infected people (the number of people who died) by functions that contain parameters. The values of these parameters are calculated by optimization methods. Calculations have been made for Australia. Australia has managed the first wave of the epidemic effectively, but after some time the second wave of the epidemic has begun. A forecast of the epidemic has been made.

**Keywords:** epidemic, COVID-19, the second wave of the epidemic, the number of infected people, coronavirus cases, the number of deaths, the analytical calculations, forecasts, Australia.

УДК 616-036.22, 614.4, 51-7

Пандемия COVID-19, объявленная ВОЗ 11 марта 2020 года, не утихает. Прошло полгода. Общее число инфицированных в мире и темпы роста общего числа инфицированных продолжают увеличиваться. К сентябрю 2020 года пандемия охватила уже 213 стран.

Приведём данные Университета Джонса Хопкинса на 20-е сентября 2020 года по пандемии во всем мире и в пяти странах, лидирующих по числу инфицированных граждан (Таб. 1).

Таблица 1. Пандемия COVID-19. Статистические данные

Место	Страна	Население 2018 год	Инфицировано (% от населения)	Прирост	Выздоровело (% от инфиц)	Умерло (% от инфиц)
	Все страны	7,594 млрд	30 935 011 (0,4%)	157 405	21 159 459 (68,4%)	959 565 (3,1%)
1	США	328, 2 млн	6 804 814 (2,1%)	39 844	2 590 671 (38%)	199 509 (2,9%)
2	Индия	1,353 млрд	5 400 619 (0,4%)	-	4 303 043 (80%)	86 752 (1,6%)
3	Бразилия	209,5 млн	4 544 629 (2,2%)	16 389	3 963 446 (87%)	136 895 (3,0%)
4	Россия	144,5 млн	1 103 399 (0,8%)	6 148	909 357 (82%)	19 418 (1,8%)
5	Перу	32,0 млн	762 865 (2,4%)	6 453	607 837 (80%)	31 369 (4,1%)

Проанализируем кратко данные этой таблицы. По числу инфицированных граждан страны располагаются в следующем порядке: США, Индия, Бразилия, Россия и Перу. Суммарно в этих странах инфицировано 18 616 326 человек, что составляет 60% от всех инфицированных планеты. Если сравнивать число инфицированных с численностью населения, то всего в мире инфицировано 0,4% населения планеты, а в этих пяти странах (0,4-2,4)% от численности населения в этих странах. Выздоровевших в мире 68,4% от числа инфицированных. Умерших в мире 3,1% от числа инфицированных в мире. Умерших в этих пяти странах (1,6-4,1)% от числа инфицированных в этих странах.

Следует отметить, что все 213 стран мира находятся на разных стадиях эпидемического процесса. Если в одних странах сейчас эпидемии в разгаре (США, Индия, Бразилия и др.), то в других странах (страны Европы и др.), эпидемии уже прошли, их победили, как совсем недавно казалось. Но радость победы в этих странах оказалась не долгой, потому что снятие ограничений и открытие границ привело к новым всплескам эпидемий (Франция, Испания, Великобритания, Израиль и др.). И оказалось, что в этих странах победили эпидемию не полностью и окончательно, а победили только первую волну эпидемии.

В августе глава Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) Тедрос Аданом Гебрейесус заявил, что человечество может победить пандемию коронавируса менее чем за два года. И сказал, что эти сроки будут более реальными, если страны проявят солидарность и объединятся.

При этом он отмечал, что само по себе изобретение вакцины не будет автоматически означать конец распространения вируса. «Даже если у нас появится вакцина, сама по себе она не приведет к завершению пандемии», — подчеркнул Гебрейесус. Он сказал, что людям следует изменить свою повседневную жизнь так, чтобы снизить риски заражения и учиться контролировать передачу инфекции с помощью уже доступных способов [1].

Во всём мире сейчас ускоренно разрабатывают и тестируют различные вакцины от коронавируса SARS-CoV-2. Несколько типов таких вакцин уже успешно разработали в России и некоторые из них уже прошли испытания.

«Первая вакцина (в РФ) от нового коронавируса (была) создана на платформе, которая проверялась в течение нескольких лет. Это позволяет рассчитывать на ее безопасность для организма в отдаленной перспективе. Впервые «Спутник V» ввели людям в конце марта 2020 года, и спустя пять месяцев у них сохраняется высокое количество антител, рассказал «Известиям» директор Национального исследовательского центра эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи академик РАН Александр Гинцбург. Производство вакцины на уровне 80 млн доз за год позволит справиться с эпидемией коронавируса в России к лету 2021-го, а если появится еще один надежный препарат такого рода — то и раньше». [2]

Ясно, что в ближайшие месяцы победить COVID-19 не удастся, поэтому возникают естественные вопросы, как будут развиваться эпидемии; если они будут развиваться волнообразно, то сколько будет этих волн; когда волны придут и каковы они будут по своим масштабам.

Директор Центра иммунологии и молекулярной биомедицины МГУ академик Михаил Пальцев считает, что "если исходить из того, что летом заболеваемость спала, и есть основания предполагать, что она возрастет осенью <...> К лету будущего года мы уже вернемся к обычному образу жизни". [3] Академик отметил, что исторически все эпидемии вирусов проходили в три волны: первая - сильная, вторая - еще сильнее, третья - слабая. В качестве примера он привел испанку. Академик напомнил, что коллективный иммунитет начинает формироваться тогда, когда переболеет около 60 процентов населения, а при достижении 95 процентов вирус погибает. Академик М. Пальцев подчеркнул, что это все теория.

#### **Описание динамики эпидемий**

Для описания динамики развития эпидемий обычно используют различные модели, которые в математическом виде представляют системы из нескольких дифференциальных нелинейных уравнений первого порядка. Эти системы имеют ряд параметров и решаются численными методами. Наиболее известные из этих моделей – это семейство моделей SIS, SIRS и SEIR [4].

Не умаляя значения и важности математического моделирования и не заменяя его, автор предлагает относительно простой аналитический метод расчёта и описания эпидемического процесса. Метод основан на аппроксимации фактических зависимостей от времени числа инфицированных (выздоровевших, умерших) известными функциями типа логнормальных (интегральной и дифференциальной), содержащих четыре параметра. Если процесс эпидемии идёт или уже прошёл, то значения этих параметров вычисляются из фактических уже имеющихся статистических данных.

Расчёты показали, что таким образом можно описать эпидемии (первую волну) во многих странах. В предыдущих статьях приведены расчёты: для Германии, Китая, Италии и Бельгии в статье [5]; для Москвы, Московской области и России в статьях [6,7]; для Беларуси, Швеции, Швейцарии и Дании в статье [8]. Аналитические расчёты (расчёты по предлагаемым формулам) хорошо согласуются с фактическими данными.

В данной статье методика аналитических расчётов распространена на эпидемии проходящие в несколько волн. Рассмотрена эпидемия в Австралии. Выбор страны для расчётов обусловлен тем, что в Австралии эпидемия к настоящему времени уже прошла вторую волну, в то время как во многих других странах вторая волна только начинается или ещё не закончилась.

#### **Методика расчётов. Две волны эпидемии**

Метод основан на аппроксимации временных зависимостей числа инфицированных людей -  $N_{inf}(t)$  и числа умерших -  $N_d(t)$ , а также их суточных приращений -  $\Delta N_{inf}(t)$  и  $\Delta N_d(t)$  функциями:

$$N(t) = N_{01} \cdot 0,5 \cdot \left(1 + \operatorname{erf}\left(\frac{\ln(t-t_{01})-m_1}{\sqrt{2} \cdot s_1}\right)\right) + N_{02} \cdot 0,5 \cdot \left(1 + \operatorname{erf}\left(\frac{\ln(t-t_{02})-m_2}{\sqrt{2} \cdot s_2}\right)\right), \quad (1)$$

$$\Delta N(t) = N_{01} \cdot \frac{1}{(t-t_{01}) \cdot s_1 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln(t-t_{01})-m_1)^2}{2s_1^2}\right) +$$

$$N_{02} \cdot \frac{1}{(t-t_{02}) \cdot s_2 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{(\ln(t-t_{02})-m_2)^2}{2s_2^2}\right), \quad (2)$$

где:

$N_{01}$ ,  $m_1$ ,  $s_1$ ,  $t_{01}$  – параметры первой волны,

$N_{02}$ ,  $m_2$ ,  $s_2$ ,  $t_{02}$  – параметры второй волны,

$\text{erf}(z)$  – интеграл вероятностей (функция ошибок).

Параметры  $N_{01}$  и  $N_{02}$  имеют смысл общего числа инфицированных (умерших) за время первой (второй) волны эпидемии. Индексы  $\text{inf}$  и  $d$  в формулах опущены. Параметр  $t_{01}$  отвечает за время реального начала процесса первой волны ( $t_{02}$  – второй волны), это сдвиг по времени от выбранного начала отсчёта времени. Например, начало отсчёта выбрали 1-е марта ( $t=1$ ), а реально первая волна эпидемии началась 15-го марта, тогда  $t_{01}=15$ . Величина  $(t-t_0)$  стоит под логарифмом, поэтому, естественно, должно быть  $t > t_0$ . Для  $t < t_0$  принимаем  $N(t) = 0$  и  $\Delta N(t) = 0$ , что вполне логично, так как волна эпидемии для этих времён ещё не началась.

Параметры ( $N_0$ ;  $m$ ;  $s$ ;  $t_0$ ) вычисляются из уже имеющихся фактических данных, отдельно для первой и второй волн.

Их необходимо подбирать так, чтобы расчётная кривая как можно точнее описывала фактические (экспериментальные) значения. Это задача оптимизации. Для оптимизации параметров составлялись три целевые функции отдельно для первой волны, для второй и общая. Варьируя параметры, находили минимумы этих функций. В качестве целевой функции было выбрано среднеквадратичное отклонение расчётных значений  $N$  и  $\Delta N$  от фактических значений на каком-то массиве данных (30-200 точек).

#### Абстрактный пример. Две волны эпидемии

Прежде, чем переходить к конкретным расчётам, рассмотрим абстрактный пример. Для определённости, пусть это будут зависимости от времени числа инфицированных и суточных приростов числа инфицированных.

Параметры волн  $N$ ,  $m$ ,  $s$  зададим произвольно, но близко к тем значениям, которые встречаются на практике. Параметры  $t_{01}$  и  $t_{02}$  выберем так, чтобы волны не пересекались и между ними был промежуток по времени. Вычисления по этим формулам графически представлены на рис.1 и рис. 2.

### Изменение числа инфицированных $N_{\text{inf}}$ со временем. Две волны. Пример

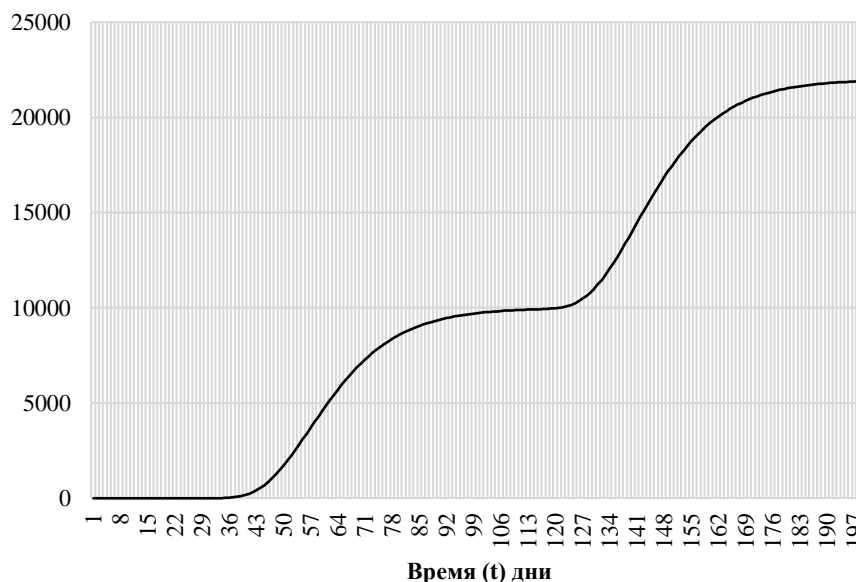


Рис. 1. Изменение со временем числа инфицированных

Две волны эпидемии. Пример.

Параметры 1-й волны:  $N_{01}=10\ 000$ ;  $m_1=3,7$ ;  $s_1=0,35$ ;  $t_{01}=21$ .

Параметры 2-й волны:  $N_{02}=12\ 000$ ;  $m_2=3,7$ ;  $s_2=0,35$ ;  $t_{02}=105$ .

**Изменение суточных приростов числа инфицированных  
 $\Delta N_{inf}$  со временем.  
Две волны. Пример**

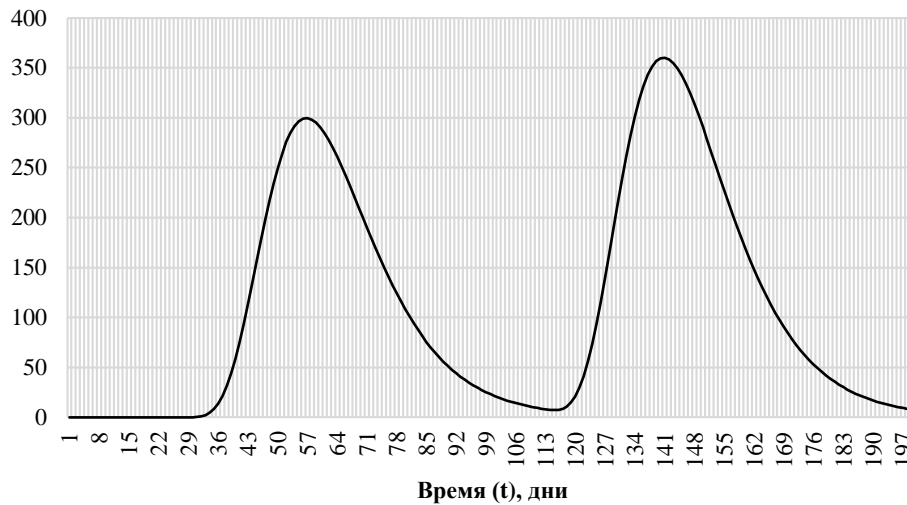


Рис. 2. Изменение со временем суточных приростов числа инфицированных. Две волны эпидемии.

Пример.

Параметры 1-й волны:  $N_{01}=10\ 000$ ;  $m_1=3,7$ ;  $s_1=0,35$ ;  $t_{01}=21$ .

Параметры 2-й волны:  $N_{02}=12\ 000$ ;  $m_2=3,7$ ;  $s_2=0,35$ ;  $t_{02}=105$ .

Видно, что кривая суточных приростов числа инфицированных (рис.2) имеет два колоколообразных право асимметричных максимума, которые по форме также напоминают волну. Поэтому можно говорить, что на этом графике суточных приростов (скорости инфицирования) присутствуют две волны эпидемии.

Одну волну эпидемии можно условно разбить на стадии (этапы): 1) зарождение, 2) усиление, 3) развитие, 4) максимум, 5) ослабевание, 6) затухание. Это видно, например, на рис. 2.

Остановимся кратко на терминологии.

**Основные функции эпидемических процессов.** Это функции, описывающие изменение со временем:

$N_{inf}(t)$  - числа инфицированных,

$N_r(t)$  - числа выздоровевших,

$N_s(t)$  - числа болеющих,

$N_d(t)$  - числа умерших.

Кроме самих функций, для анализа важны суточные приращения этих функций:  $\Delta N_{inf}(t)$ ,  $\Delta N_r(t)$ ,  $\Delta N_s(t)$ ,  $\Delta N_d(t)$ .

Суточные приращения – это дифференциалы функций ( $\Delta f(t)=f'\Delta t$ ), но так как в нашем случае дифференциал переменной  $\Delta t=1$  (одни сутки),

то суточные приращения равняются производной (скорости).

Например, суточные приросты числа инфицированных, это и есть скорости инфицирования (человек/сутки).

**Главный максимум эпидемии.** Под главным максимумом эпидемии логичнее всего понимать наибольшее число (максимум) одновременно болеющих  $N_s(t)$  и время, когда это наблюдается.

Этих максимумов нет на графиках в этой статье, но они приведены, например, в статье [5], где дано полное описание всех эпидемических процессов, а именно -  $N_{inf}(t)$ ,  $N_r(t)$ ,  $N_s(t)$  и  $N_d(t)$ .

Максимумов у эпидемии несколько и с ними надо не запутаться.

В данной статье мы рассматриваем только динамику процессов инфицирования  $N_{inf}(t)$  и смертности  $N_d(t)$ . Сами эти зависимости не имеют максимумов, а имеют максимумы их производные (скорости), которые в нашем случае совпадают с суточными приростами  $\Delta N_{inf}(t)$  и  $\Delta N_d(t)$ . Именно такие максимумы суточных приростов числа инфицированных (скорости инфицирования) и видны на рис. 2, это волны.

**Волна эпидемии.** Если на графике суточных приростов числа инфицированных кривая вначале возрастает от нулевых или низких значений, затем достигает максимальных значений (один максимум или площадка), затем снижается до нуля или до стабильно низких значений, то будем считать, что волна эпидемии прошла. Если, по прошествии какого-то времени, опять начнут увеличиваться приросты, от нулевых или низких значений, и картина качественно повторится, то будем называть этот процесс следующей (второй) волной инфицирования или следующей волной эпидемии.

На рис. 2 это будет соответствовать случаю, когда две волны (два “колокола”) отстоят друг от друга по времени и есть промежуток, где они не налагаются.

**Пики эпидемии.** Если источников инфицирования несколько и они включаются в работу до того, как перестают действовать другие, то их действия налагаются друг на друга (складываются) и в этом случае будем говорить о нескольких пиках в пределах одной волны.

На рис. 2 для этого случая надо было бы передвинуть правый “колокол” влево дней на 50-60 и тогда бы было наложение действия этих двух источников и можно было бы говорить о двух пиках в пределах одной волны.

Согласно этой терминологии, в нашем абстрактном примере две волны и по одному пику в каждой волне. Забегая вперёд, скажем, что в конкретном примере Австралии тоже две волны и по одному пику в каждой волне.

Рассмотрим теперь на этом абстрактном примере динамику процессов инфицирования, рис. 1 и 2.

Первый источник инфицирования начинает работать, примерно, на

30-й день от начала отсчёта. Пошла первая волна эпидемии. Растёт число инфицированных (рис. 1). Скорость инфицирования увеличивается и достигает максимального значения 300 чел/сутки, примерно на 60-й день и, после этого, начинает уменьшаться (рис. 2). В этот момент на кривой инфицирования наблюдается перегиб (рис. 1). Далее, скорость инфицирования снижается, а кривая инфицирования выходит на насыщение и на 115-й день число инфицированных, примерно, 10 000. Первый источник инфицирования прекращает работать.

Через какое-то время включается в работу второй источник. Набегает вторая волна. Начинает расти число инфицированных за счёт второго источника (рис.1). Скорость инфицирования во второй волне увеличивается и достигает максимума 360 чел/сутки, примерно, на 140-й день и после этого начинает уменьшаться (рис.2). Кривая инфицирования (рис.1) выходит на насыщение и на 200-й день общее число инфицированных за две волны эпидемии составляет, примерно, 22 000 человек (10 000+12 000).

Теперь перейдём к рассмотрению конкретного примера развития эпидемии в Австралии. К настоящему времени эпидемия там имела две волны.

#### Эпидемия в Австралии

Население Австралии на 2018 год составляло 25,0 млн человек. Статистика эпидемии в Австралии ведётся с 16-го февраля 2020 года, когда в стране было инфицировано 15 человек, но, реально, эпидемия началась позднее, примерно, 10-го марта, когда число инфицированных стало 116, а суточный прирост 23 чел/сутки. Статистические данные в графическом виде представлены на рисунках 3 и 4. Некоторые выборочные статистические данные приведены в таблице 2.

**Число инфицированных. Австралия.  
Две волны COVID-19**

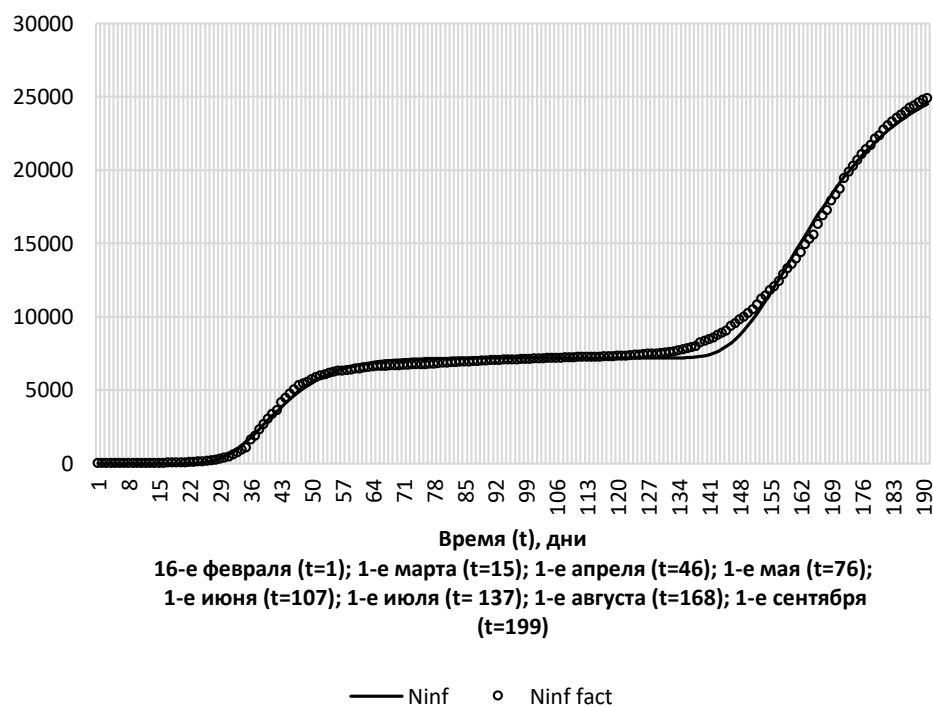


Рис. 3 Изменение со временем числа инфицированных.

Австралия. Две волны эпидемии COVID-19.

Расчёты – линия, фактические данные – точки.

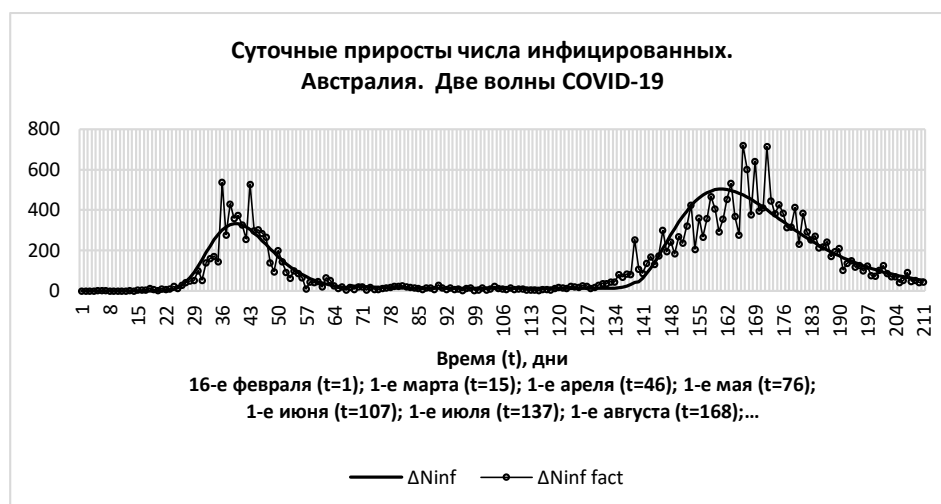


Рис. 4. Изменение со временем суточных приростов числа инфицированных. Австралия. Две волны эпидемии COVID-19

Расчёты – линия, фактические данные – точки.

Таблица 2. Изменение со временем числа инфицированных  $N_{inf}$  и суточных приростов числа инфицированных  $\Delta N_{inf}$ . Две волны. Австралия

t	Дата	$N_{inf}$	$\Delta N_{inf}$
1	16.02	15	0
12	27.02	23	0
<b>Первая волна</b>			
20	06.03	63	3
23	09.03	93	10
24	10.03	116	23
27	13.03	199	43
30	16.03	401	101
33	19.03	756	160
36	22.03	1609	537
43	29.03	4163	528
55	10.04	6238	86
67	22.04	6649	4
<b>Период стабильно низких приростов</b>			
67-127	22.04-21.06	6649-7461	Среднее 13,4
<b>Вторая волна</b>			
127	21.06	7461	25
137	01.07	7920	84
147	11.07	9553	194
157	21.07	12428	359
167	31.07	16905	602
177	11.08	21397	313
187	20.08	24236	243
197	30.08	25670	123
207	09.09	26465	91
217	19.09	26885	24

Первая волна эпидемии в Австралии началась, примерно, 10-го марта 2020 года и завершилась 22-го апреля, то есть продолжалась 43 дня и имела максимальные приросты, примерно, 400 чел/сутки. Затем был период

60 дней (22.04-21.06) низких приростов числа инфицированных со средним значением 13,4 чел/сутки. После этого периода, началась вторая волна, которая продолжалась 90 дней (21.06-19.09) и имела максимальные

приросты числа инфицированных, примерно, 600 чел/сутки.

Сразу отметим, что время начала и время окончания волн эпидемии выбраны из анализа кривых приращений и исходя из здравого смысла, так как на этот счёт нет чётких общепринятых критериев. По этой причине точность определения времени начала волны, времени окончания волны и времени продолжительности волны составляет несколько дней.

В результате обработки статистических данных по динамике инфицирования получили следующие значения параметров.

Первая волна:  $N_{01} = 7\,200$  ;  $m_1 = 3,53$  ;  $s_1 = 0,29$  ;  $t_{01} = 8$ .

Вторая волна:  $N_{02} = 20\,000$  ;  $m_2 = 3,7$  ;  $s_2 = 0,43$  ;  $t_{02} = 126$ .

Расчёты по формулам 1 и 2 с этими параметрами графически представлены линиями на рис. 3, 4.

Согласие фактических и расчётных данных хорошее (рис. 3,4). Точки фактических значений числа инфицированных лежат прямо на расчётной кривой (рис. 3) и наблюдается только небольшое расхождение в районе

$t = 145$ . Фактические данные суточных приростов числа инфицированных имеют существенный разброс, но расчётная кривая их хорошо описывает (рис. 4).

Статистические данные по смертности в графическом виде представлены на рисунках 5 и 6. Некоторые выборочные статистические данные по смертности приведены в таблице 3.

**Рост числа умерших. Австралия.  
Две волны COVID-19**

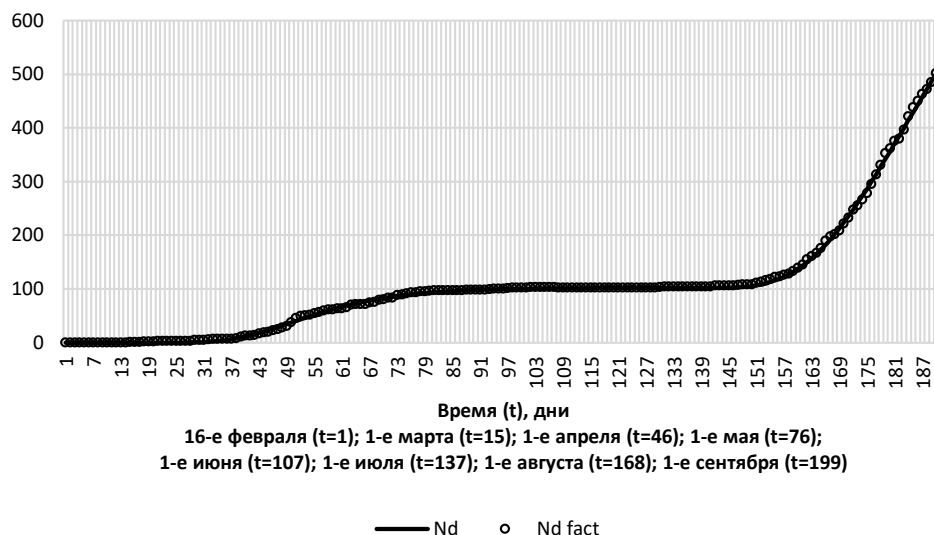


Рис. 5 Изменение со временем числа умерших. Австралия. Две волны эпидемии COVID-19.  
Расчёты – линия, фактические данные – точки

**Суточный прирост числа умерших.  
Австралия. Две волны COVID-19**

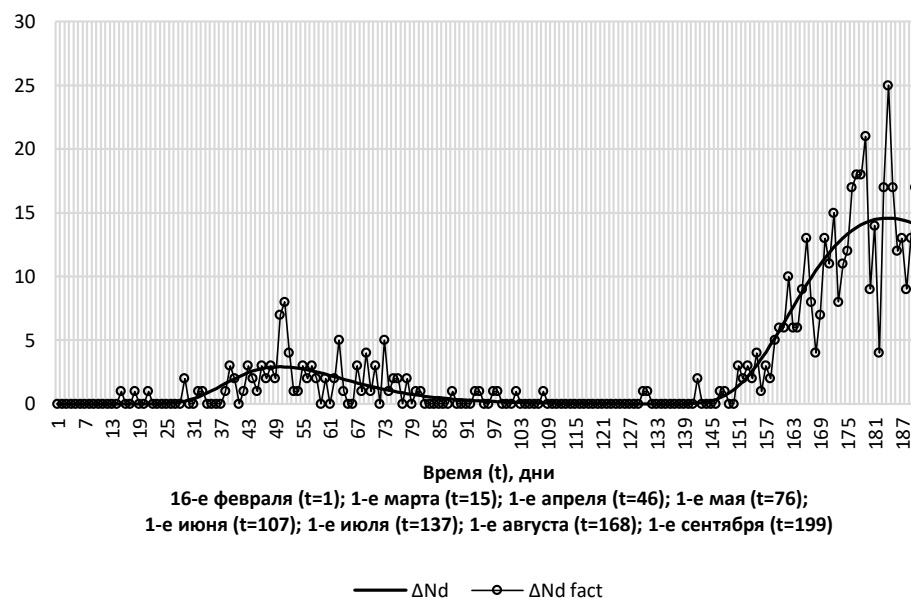


Рис. 6 Изменение со временем суточных приростов числа умерших. Австралия. Две волны эпидемии COVID-19.  
Расчёты – линия, фактические данные – точки

Таблица 3. Изменение со временем числа умерших  $N_d$  и суточных приростов числа умерших  $\Delta N_d$ . Две волны. Австралия

t	Дата	$N_d$	$\Delta N_d$
---	------	-------	--------------

1	16.02	0	0
14	29.02	0	0
21	07.03	3	1
28	14.03	3	0
<b>Первая волна</b>			
32	06.03	6	1
40	09.03	13	2
50	05.04	37	7
55	10.04	54	3
60	15.04	63	2
70	25.04	80	1
80	05.05	96	1
90	15.05	98	0
<b>Период стабильно низких приростов</b>			
90-145	15.05-09.07	98-106	Среднее 0,1
<b>Вторая волна</b>			
145	09.07	106	0
150	14.07	108	0
155	19.07	122	4
165	29.07	176	9
175	08.08	278	12
185	18.08	438	17
195	28.08	583	11
205	07.09	762	9

На графике изменения со временем суточных приростов числа умерших (рис. 6) также видны две волны. Это следствие волн инфицирования, и волны смертности начинаются на 1-2 недели позднее, что тоже совершенно понятно.

В результате обработки статистических данных по смертности получили следующие значения параметров.

Первая волна:  $N_{01} = 102$  ;  $m_1 = 3,8$  ;  $s_1 = 0,33$  ;  $t_{01} = 10$ .

Вторая волна:  $N_{02} = 900$  ;  $m_2 = 4,2$  ;  $s_2 = 0,4$  ;  $t_{02} = 127$ .

Согласие фактических и расчётных данных по смертности тоже хорошее (рис.5,6).

Обращает внимание, что вторая волна в Австралии больше, чем первая и, по прогнозу, например, число инфицированных во второй волне будет в 3 раза больше, чем в первой.

#### **Обсуждение**

В начале 2020 года мир столкнулся с новым видом вируса от которого ни у кого не было иммунитета. Эпидемии стали быстро распространяться и скоро перешли в пандемию. Меры борьбы с эпидемиями в разных странах отличались и можно условно выделить два крайних варианта этих мер.

1. Жёсткие ограничительные социальные и экономические меры с целью полного уничтожения очагов инфекции. Это меры принятые в городе Ухань (Китай). Эпидемию удалось победить полностью. Но в этом случае получают большие экономические потери, а народ, по-прежнему, не имеет иммунитета, поэтому велик риск новой эпидемии (новой волны).

2. Пустить всё на самотёк, чтобы иммунитет сформировался естественным путём, то есть люди должны переболеть. Это меры принятые в Швеции. Хотя нельзя сказать, что шведы вообще не предпринимали никаких мер. Этот вариант чреват повышенной смертностью.

Большинство стран, включая Россию, выбрали промежуточные варианты ограничительных мер, которые не уничтожают полностью очаги инфекции, а подавляют и контролируют эпидемию. Поэтому приходится периодически принимать ограничительные меры, а потом, через какое-то время, постепенно отменять их. Но можно ли таким естественным путём в разумные сроки (1-2 года) наработать иммунитет у значительной части граждан? Ответ – нет. Потребуется слишком много времени. Действительно, например, за полгода было инфицировано (и затем переболело и приобрело иммунитет) 0,4% населения планеты; 0,8% населения России и 2,1% населения США. И если даже предположить, что, помимо официальной статистики, бессимптомно переболело в 5-10 раз больше народу, то всё равно это мало для коллективного иммунитета. Чтобы приостановить эпидемию, необходимо иметь коллективный иммунитет более 60%. Поэтому, если ставится задача побороть эпидемию за 1-2 года, то без массовой вакцинации населения не обойтись. Если, конечно, не надеяться на чудо, что вирус сам сильно ослабнет или погибнет, заразившись гуманизмом от человека.

Что касается России, то производство отечественной вакцины «Спутник V» в количестве 80 млн доз позволит справиться с эпидемией COVID-19 к лету 2021-го. Эта вакцинация даст коллективный иммунитет плюс 56% к уже имеющемуся иммунитету. Правда, необходимо будет ещё убедить население пройти эту вакцинацию. Так что перспективы, на мой взгляд, понятные и не плохие. Надо только год потерпеть и поберечься.



А что же будет с эпидемией в России в период до лета следующего года и будет ли вторая волна эпидемии?

Прежде, чем ответить на этот вопрос разберём специфику распространения эпидемий в странах с большой территорией и большой численностью населения. Это такие страны, как Индия, США, Бразилия и Россия. Специфика состоит в том, что эпидемия в различных частях страны (регионы, штаты) начинается не одновременно, регионы различаются по численности населения и по условиям жизни. Очаги инфекции различной мощности появляются в различных регионах и начинают работать с разницей по времени в несколько недель. Это приводит к тому, что суммарные кривые инфицирования (для всей страны) и суммарные суточные приросты (для всей страны) имеют более сложную форму, чем на рис. 1 и 2. На кривой суточных приростов вместо одного максимума появляется “плато” со ступеньками и это “плато” может по времени растянуться на месяцы. Поэтому, вполне возможны случаи, когда эпидемия в каком-то регионе уже почти закончилась, а в остальных продолжается, и через какое-то время в этом регионе начинается вторая волна, а в каких-то других регионах ещё не закончилась первая волна.

В России сейчас 85 регионов. Можно сказать, что в двух регионах (Москва и Московская область) эпидемия или её первая волна закончилась к 22-му июля и после этого 50 дней до 10-го сентября были стабильно низкие суточные приросты 600-700 чел/сутки для Москвы и 145-170 чел/сутки для МО. И только во второй половине сентября наблюдается некоторое повышение, возможно, это и есть начало второй волны в этих регионах.

Ведь вирус никуда не делся, просто его стало меньше и он затаился. Коллективный иммунитет пока мал и не превышает 20%, и это в том случае, если предположить, что число бессимптомно переболевших и не попавших в статистику граждан в 10 раз больше числа тех, кто попал в статистику. Поэтому надо быть осторожными, не расслабляться и ждать массовой вакцинации.

Обсудим теперь кратко эпидемию в Австралии. Ещё раз напомним, что Австралия была выбрана для расчётов только потому, что эпидемия в ней имела две волны и вторая волна уже почти закончилась. Вторая волна оказалась больше, чем первая. Масштаб эпидемии в Австралии не велик и в списке стран она находится на 75-ом месте. На 20-сентября 2020 года было:  $N_{inf} = 26\ 898$ ;  $\Delta N_{inf} = 13$ ;  $N_r = 24\ 062$  (89% от числа инфицированных);  $N_d = 849$  (3,2% от числа инфицированных). Первая волна инфицирования началась 10-го марта, она продолжалась 43 дня и имела наибольшие приросты, примерно, 400 чел/сутки. Затем 60 дней был период стабильно низких приростов со средним значением 13,4 чел/сутки. После этого началась вторая волна, которая продолжалась 90 дней и имела максимальные значения, примерно, 600 чел/сутки.

Проведенные аналитические расчёты динамики эпидемических процессов в Австралии показали хорошее согласие с фактическими данными.

#### *Список литературы / References*

1. Макарычев М. Глава ВОЗ заявил, что вакцина не остановит пандемию коронавируса. [Электронный ресурс]. (21.08.2020). Режим доступа: <https://rg.ru/2020/08/21/glava-voz-zaiavil-cto-vakcina-ne-ostanovit-pandemiiu-koronavirusa.html/> (дата обращения: 10.09.2020).
2. Нодельман В., Николаев В. Известия, 07.09.2020. У нас не было возможности проиграть в гонке. Интервью. Директор НИЦ эпидемиологии и микробиологии им Н.Ф. Гамалеи Александр Гинцбург – о быстрой разработке вакцины от COVID-19 и её безопасности. [Электронный ресурс] (07.09.2020). Режим доступа: <https://iz.ru/1057241/valeriia-nodelman-viacheslav-nikolaev/u-nas-ne-bylo-vozmozhnosti-proigrat-v-gonke/> (дата обращения: 10.09.2020).
3. Академик РАН назвал сроки окончания пандемии коронавируса. РИА Новости. [Электронный ресурс] (26.08.2020). Режим доступа: <https://ria.ru/20200826/koronavirus-1576334691.html/> (дата обращения: 10.09.2020).
4. Бузин П. Эпидемии. Модели. Зараза, гостя наша. Как математика помогает бороться с эпидемиями. [Электронный ресурс] (26.12.2019). Режим доступа: <https://nplus1.ru/material/2019/12/26/epidemic-math/> (дата обращения: 10.09.2020).
5. Губенко С.И. Эпидемии коронавируса. Аналитические расчёты и прогнозы. [Электронный ресурс] (06.06.2020). Режим доступа: <https://trueinform.ru/modules.php?name=News&sid=47411/> (дата обращения: 15.07.2020).
6. Губенко С.И. Эпидемия COVID-19 в России. Москва и регионы. Аналитические расчёты. [Электронный ресурс] (15.07.2020). Режим доступа: <https://trueinform.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=47418/> (дата обращения: 20.07.2020).
7. Губенко С.И. Эпидемия COVID-19. Москва и Московская область // Вестник науки и образования, 2020. № 14 (92). Часть 3. С. 28-34. [Электронный ресурс] (20.07.2020). Режим доступа: <https://scientificjournal.ru/images/PDF/2020/92/epidemiya-covid-19.pdf/> (дата обращения: 22.07.2020).
8. Губенко С.И. Эпидемия COVID-19. Беларусь, Швеция, Швейцария и Дания. Аналитические расчёты, сравнение и прогнозы // Вестник науки и образования, 2020. №16 (94). Часть 1. С. 50-68. [Электронный ресурс] (17.08.2020). Режим доступа: <https://scientificjournal.ru/images/PDF/2020/94/epidemiya-covid-19.pdf/> (дата обращения: 10.09.2020).