

# Эконометрическое прогнозирование суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей г. Москвы за период с марта по июль 2020 г.

А.А. Афанасьев<sup>1</sup>

(Москва)

Версия от 25 апреля 2020 г. (сокращенный вариант)

Произошедшая в конце прошлого года вспышка эпидемии нового малоисследованного вируса в китайской провинции Ухань распространилась почти по всем странам мира, включая Россию. Коронавирус из Ухани, идентифицируемый как КОВИД-19, характеризуется, по мнению докторов, достаточно высокой скоростью передачи, тяжелыми осложнениями и более высокой степенью смертности по сравнению со многими другими видами ОРВИ и гриппа. Ввиду сильной нагрузки на отрасль здравоохранения, нехватки медицинского персонала, больничных коек, медицинского оборудования во многих странах, отсутствия противоконовивирусной вакцины, отрицательных воздействий на мировое хозяйство мер вынужденной изоляции и карантина представляется важной задачей прогнозирование сроков наступления пика и окончания эпидемии коронавирусной инфекции в разных странах, в том числе и в России.

По данным на сегодняшний день, наибольшее количество инфицированных жителей России приходится на Москву – 39509 человек, что составляет более половины (53%) от общего числа зараженных жителей страны.

Данное исследование посвящено эконометрическому моделированию и прогнозированию суточной численности зараженных коронавирусом москвичей и гостей столицы<sup>2</sup>.

В результате эконометрического исследования различных видов функций на основе статистических данных Коммуникационного центра Правительства России<sup>3</sup> и ресурсов Интернета<sup>4</sup> во временных интервалах с 12 марта по 25 апреля сего года получилось (табл. 1), что с точки зрения классических критериев эконометрики, стабильности МНК-оценок во времени и здравого смысла лучшим образом описывает динамику суточной численности зараженных коронавирусом людей в Москве квадратичная экспоненциальная функция общего вида

$$Y_t = e^{at^2+bt+c},$$

во временных промежутках, начинающихся 12 марта и оканчивающихся 13–25 апреля, где  $Y_t$  – количество зараженных коронавирусом жителей Москвы за сутки  $t$ ,  $t$  – время (сутки),  $e$  – основание натурального логарифма.

Особенности этой функции в указанных выше 13-ти промежутках времени заключаются в следующем (табл. 1):

<sup>1</sup> Афанасьев Антон Александрович – доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН, aanton@cemi.rssi.ru

<sup>2</sup> Среди эконометрических исследований прогнозирования распространения уханьского коронавируса в разных странах можно выделить работу Фонда Индем <https://indem.ru/coronavirus/issled-pandem-a-19.pdf> (Россия и США), работы Ю.Н. Благовещенского «Россия: когда число инфицированных за сутки перестанет расти?» и «Прогноз для США» <https://indem.ru/russian.asp>, и статью Milan Batista «Estimation of the final size of coronavirus epidemic by the logistic model» (Китай и Южная Корея) [https://www.researchgate.net/publication/339240777\\_Estimation\\_of\\_the\\_final\\_size\\_of\\_coronavirus\\_epidemic\\_by\\_the\\_logistic\\_model](https://www.researchgate.net/publication/339240777_Estimation_of_the_final_size_of_coronavirus_epidemic_by_the_logistic_model).

<sup>3</sup> Отчеты Коммуникационного центра Правительства РФ по ситуации с коронавирусом <https://стопкоронавирус.рф/ofdoc/reports/> (с 25 марта 2020 г.)

<sup>4</sup> <https://coronavirus-online.moscow/> (с 15 марта по 24 марта 2020 г.); <https://coronavi.ru/> (до 14 марта 2020 г.)

а) функции достаточно точно аппроксимирует исходные данные:  $R^2$  находится в пределах 0,88 – 0,93 (см., например, рис. 1 и 2);

б) коэффициенты функций являются статистически значимыми;

в) отрицательный коэффициент при квадрате времени ( $a < 0$ ) и положительный при времени ( $b > 0$ ) согласуются со здравым смыслом и свидетельствуют о возможном наличии максимального значения стоящей в степени экспоненты квадратичной функции;

г) значения коэффициентов являются относительно стабильными во времени, причем эта стабилизация начинается с 13 апреля сего года.

Более того, у большинства исследованных 13 функций значения коэффициентов находятся очень близко друг к другу. Данные функции дают равные или очень близкие прогнозные значения пиковых дат и пиковой численности суточных заражений, прогнозных дат наступления нулевых или единичных значений суточных заражений и прогнозных значений итоговой общей (накопленной) численности зараженных коронавирусом жителей Москвы (см. приложение).

Так, прогнозный пик суточных заражений по функции (3) приходится на 3 мая сего года и составляет 4418 человек, а функция (15) прогнозирует пиковое значение числа суточных заражений 29 апреля на уровне 3080 человек. Ошибки *ex-post* прогноза  $APE$ , где  $APE = \left| Y_{\text{прогнозный}} / Y_{\text{фактический}} - 1 \right|$ , по функциям по 13 функциям являются достаточно высокими, их средние значения изменяются в пределах от 8% до 32%. Нулевые или единичные суточные заражения по функциям (3) и (15) ожидаются 23 июня и 1 июля сего года, а значения итогового общего числа зараженных на эти даты – 100,6 и 151,6 тыс. человек соответственно (табл.1). Прогнозные значения показателей по остальным 11 функциям примерно совпадают с прогнозными значениями показателей функций (3) и (15) или находятся между ними. По сути дела функции (3) и (15) дают граничные прогнозные значения дат и численности зараженных жителей, однако в этих границах отсутствует монотонное снижение дат или монотонный рост численности инфицированных. Например, при расширении временного промежутка исследования функции (3) на 6 дней вперед, т.е. с 13 до 19 апреля, мы получаем такие же даты и примерно равные показатели численности инфицированных жителей как и у функции (3), а при сокращении временного промежутка исследования функции (15) на 8 или 9 дней назад, т.е. с 25 по 16 или 15 апреля, даты остаются такими же как у функции (15), а значения показателей численности остаются очень близкими к показателям функции (15).

Прогнозы по функциям (3) и (15) проиллюстрированы на рисунках 3–4, а по всем 13 функциям – на четырех рисунках в приложении.

Следует отметить, что мы исследовали еще две функции на временных интервалах с 12 марта по 11–12 апреля, которые имеют статистически слабо значимый коэффициент при квадрате времени (табл. 1). Так, например, по сравнению с 13 исследованными выше функциями функция (1) прогнозирует большее пиковое значение численности зараженных жителей (5821 чел.), которое приходится на более позднюю дату (6 мая). Также эта функция показывает более высокое прогножное значение итогового общего числа инфицированных (206,5 тыс. чел.) и более отдаленную дату наступления нулевых (единичных) заражений (7 июля) (рис. 5). Эти две функции имеют более высокие ошибки *ex-post* прогноза  $APE$ , средние значения которых составляют 31% и 33%.

Заметим также, что коэффициент  $a$  исследуемой нами квадратичной экспоненты  $Y_t = e^{at^2+bt+c}$  становится отрицательным, начиная с временного промежутка 12 марта – 6 апреля, а статистически значимым – начиная с временного промежутка 12 марта – 13 апреля (табл. 1, рис. 1). В течение 12 марта – 5 апреля этот коэффициент был очень близок к 0, а в предыдущие периоды – положительным. Таким образом, квадратичная экспоненциальная функциональная зависимость числа зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы от времени наметилась с 6 апреля, а стабилизировалась

эта зависимость с 13 апреля (рис. 7 и 1). До 6 апреля функциональная зависимость представляла собой обычную экспоненту  $Y_t = e^{bt+c}$  (рис. 6).

Отметим, что исследуемая квадратичная экспонента не прогнозирует сроки окончания эпидемии уханьского коронавируса в Москве, ибо ее окончание зависит не только от наступления сроков нулевых или единичных заражений, но в большей степени от того, когда наступит выздоровление последних инфицированных жителей, что не учитывается в представленной модели.

**Таблица 1.** Результаты эконометрического исследования квадратичной экспоненциальной функции  $Y_t = e^{at^2+bt+c}$  суточной численности зараженных уханьским коронавирусом людей в Москве во временных промежутках, начинающихся 12 марта и оканчивающихся 11 – 25 апреля 2020 г.

| № п/п | Временной Промежуток | Коэффициенты (t-статистики) |                |                  | $R^2$ | $DW$ | Прогноз пика суточного заражения |  | Прогноз нулевого (единичного) суточного заражения |   |
|-------|----------------------|-----------------------------|----------------|------------------|-------|------|----------------------------------|--|---|---|
|       |                      | $a$                         | $b$            | $c$              |       |      | Дата                             | число зараженных, чел. (средняя ошибка $APE$ ) | Дата  | общее число зараженных с начала эпидемии, тыс. чел. |
| 1     | 12/III–11/IV         | –0.0025<br>(–1,43)          | 0,2788<br>(5)  | 0,8896<br>(2,23) | 0,88  | 2,70 | 6/V                              | 5821<br>(33%)                                  | 7/VI  | 206,5   |
| 3     | 12/III–13/IV         | –0.0027<br>(–1,85)          | 0,2833<br>(6)  | 0,8698<br>(2,33) | 0,89  | 2,70 | 3/V                              | 4418<br>(26%)                                  | 1/VI  | 151,6   |
| 15    | 12/III–25/IV         | –0.0030<br>(–5)             | 0,2935<br>(11) | 0,8158<br>(3)    | 0,93  | 2,68 | 29/IV                            | 3080   | 23/VI   | 100,6   |

### Выводы

На основе проведенного эконометрического исследования 15 квадратичных экспоненциальных функций  $Y_t = e^{at^2+bt+c}$  во временных суточных промежутках, начинающихся 12 марта и оканчивающихся 11–25 апреля сего года можно сделать следующие выводы:

1. Максимальное (пиковое) суточное значение численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы прогнозируется на период 29 апреля – 3 мая сего года в интервале от 3 до 4,5 тыс. человек с прогнозной ошибкой 8–30%.

2. Даты достижения нулевой (или единичной) численности инфицированных прогнозируются на временной промежуток 23 июня – 1 июля сего года, а общее число зараженных на эти даты составит от 99 до 153 тыс. человек.

3. Необходимым условием высокой точности исполнения настоящих прогнозов являются следующие факторы:

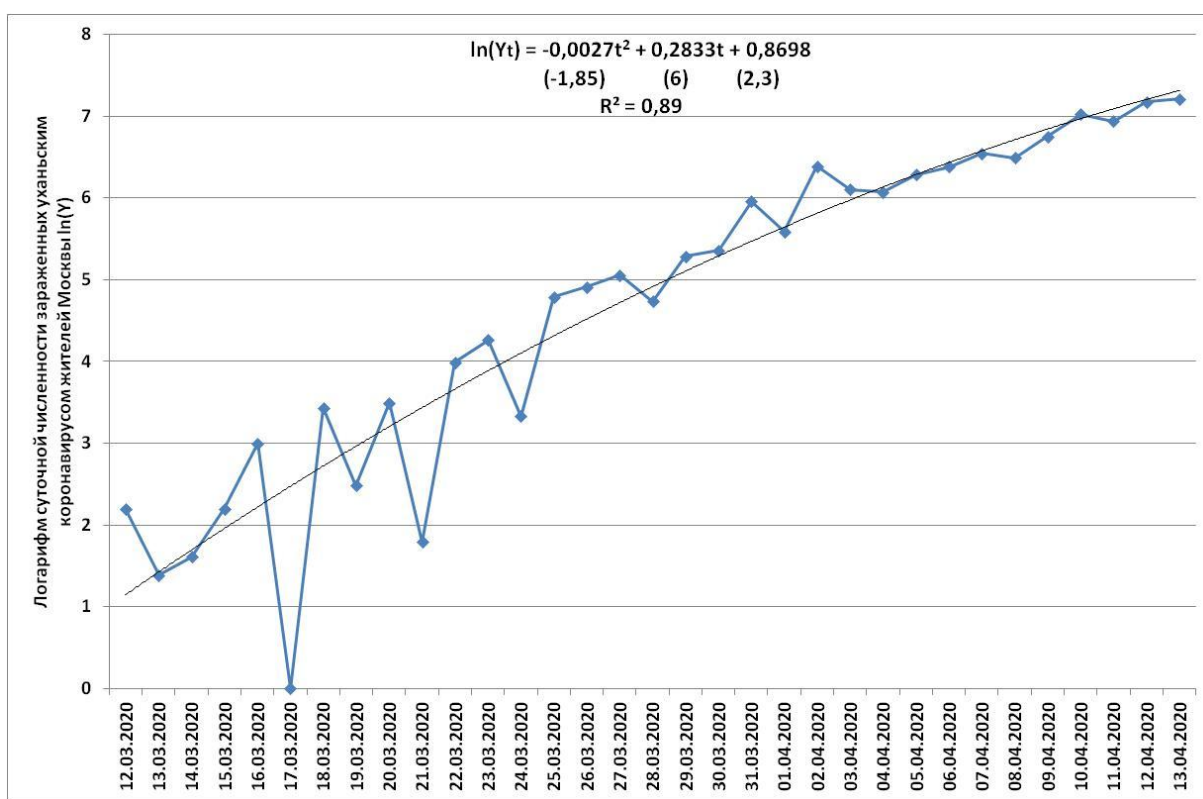
1) достоверность исходных статистических данных о числе зараженных жителей столицы,

2) наличие достаточного количества лечебных мощностей, медицинского персонала, лекарств и расходных материалов в сфере здравоохранения Москвы,

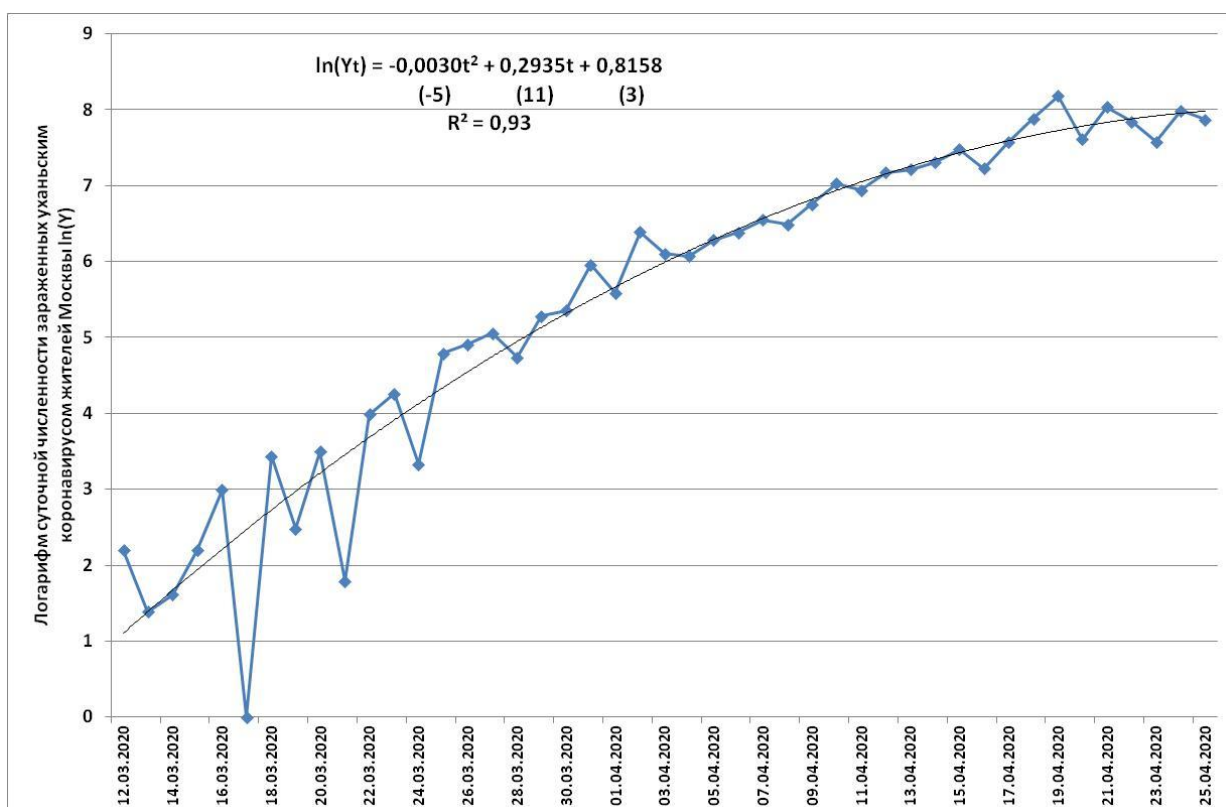
3) соблюдения жителями всех принятых московскими и российскими властями мер по предотвращению распространения уханьского коронавируса,

4) строгого выполнения москвичами и гостями столицы всех рекомендованных докторами мер индивидуальной и общей профилактики вирусных и инфекционных заболеваний как в период эпидемии, так и в периоды ее спада и окончания, также в постэпидемический период.

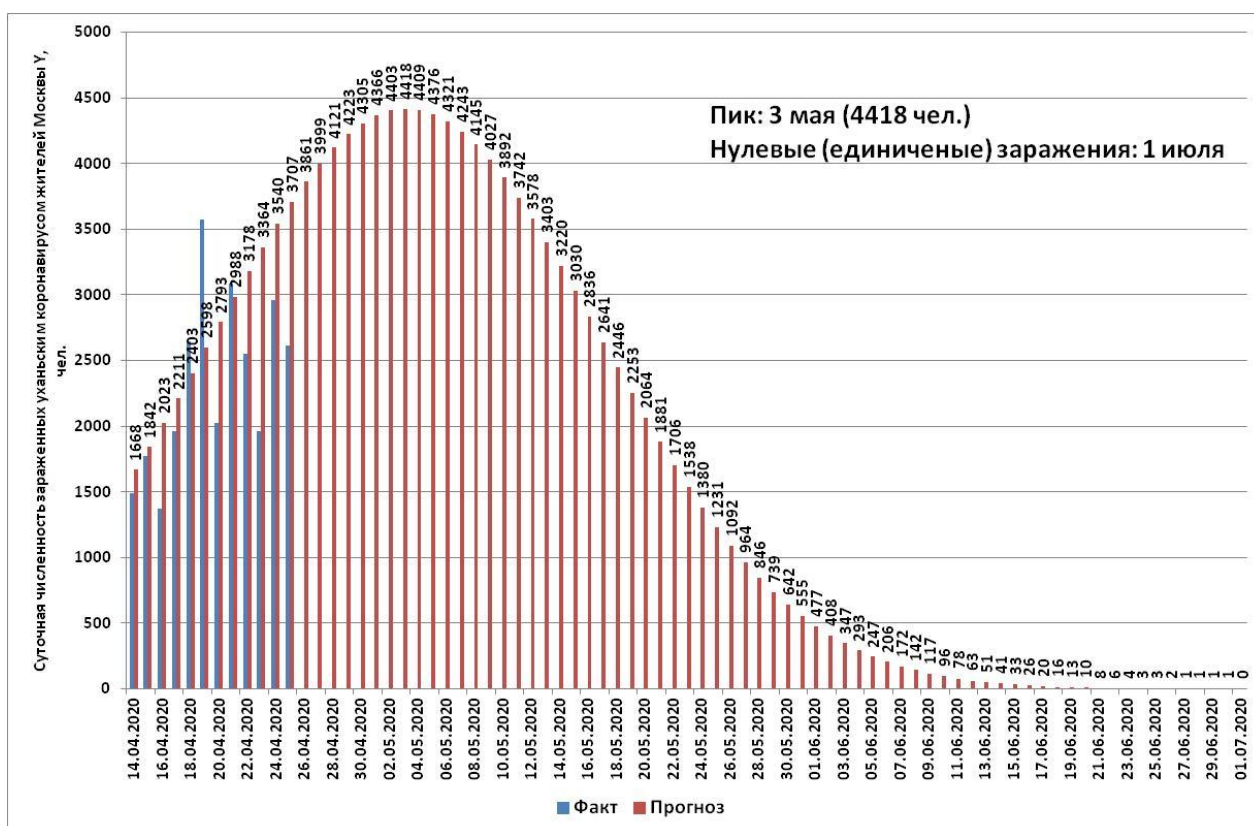
4. При менее благоприятном сценарии суточная численность зараженных жителей может достигнуть от 5200 до 5800 человек 5–6 мая, а сроки появления нулевых или единичных заражений сместятся дальше – на 4–7 июля при возросшей общей численности зараженных 182–207 тыс. человек.



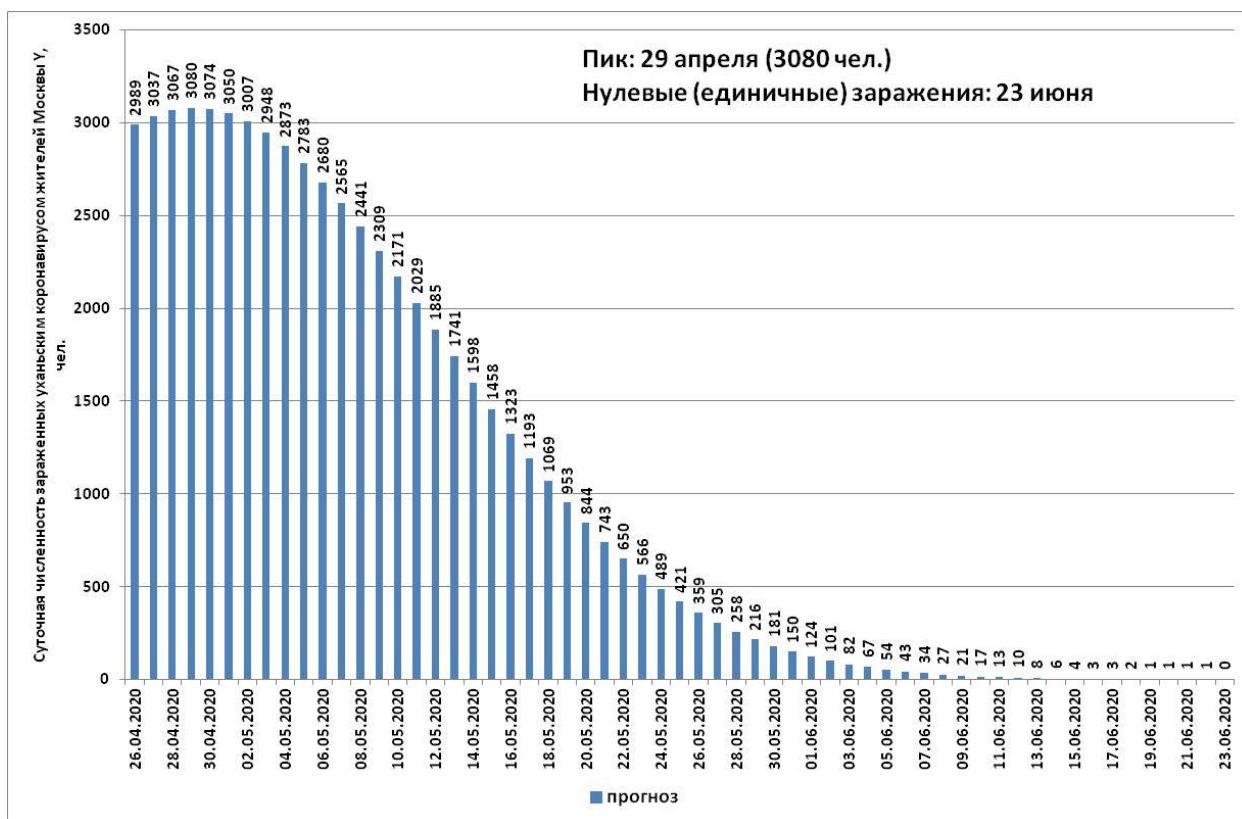
**Рис 1.** Аппроксимация квадратичной функцией (3) фактических значений натурального логарифма суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы за период с 12 марта по 13 апреля сего года.



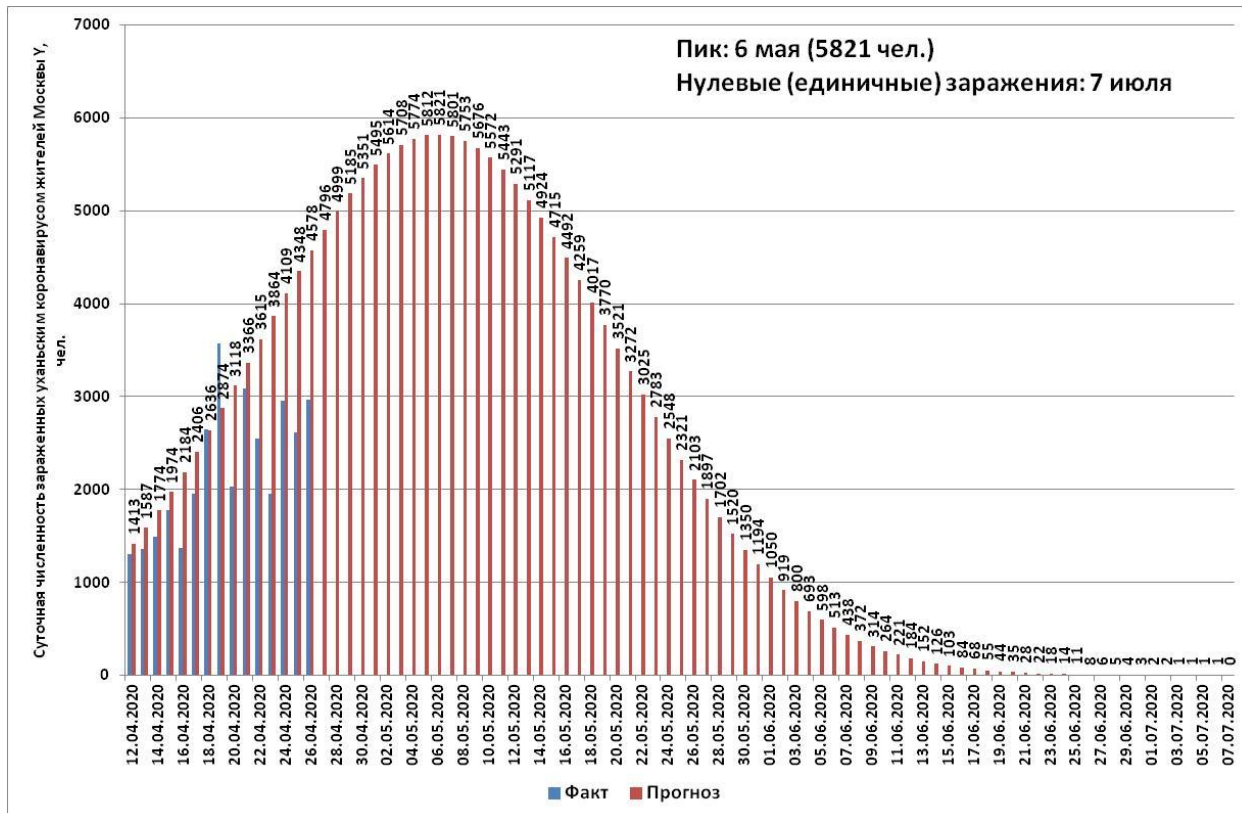
**Рис 2.** Аппроксимация квадратичной функцией (15) фактических значений натурального логарифма суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы за период с 12 марта по 25 апреля сего года.



**Рис 3.** Фактические и прогнозные на период 14 апреля – 1 июля 2020 г. значения суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы по функции (3), исследованной во временном промежутке 12 марта – 13 апреля (табл. 1).

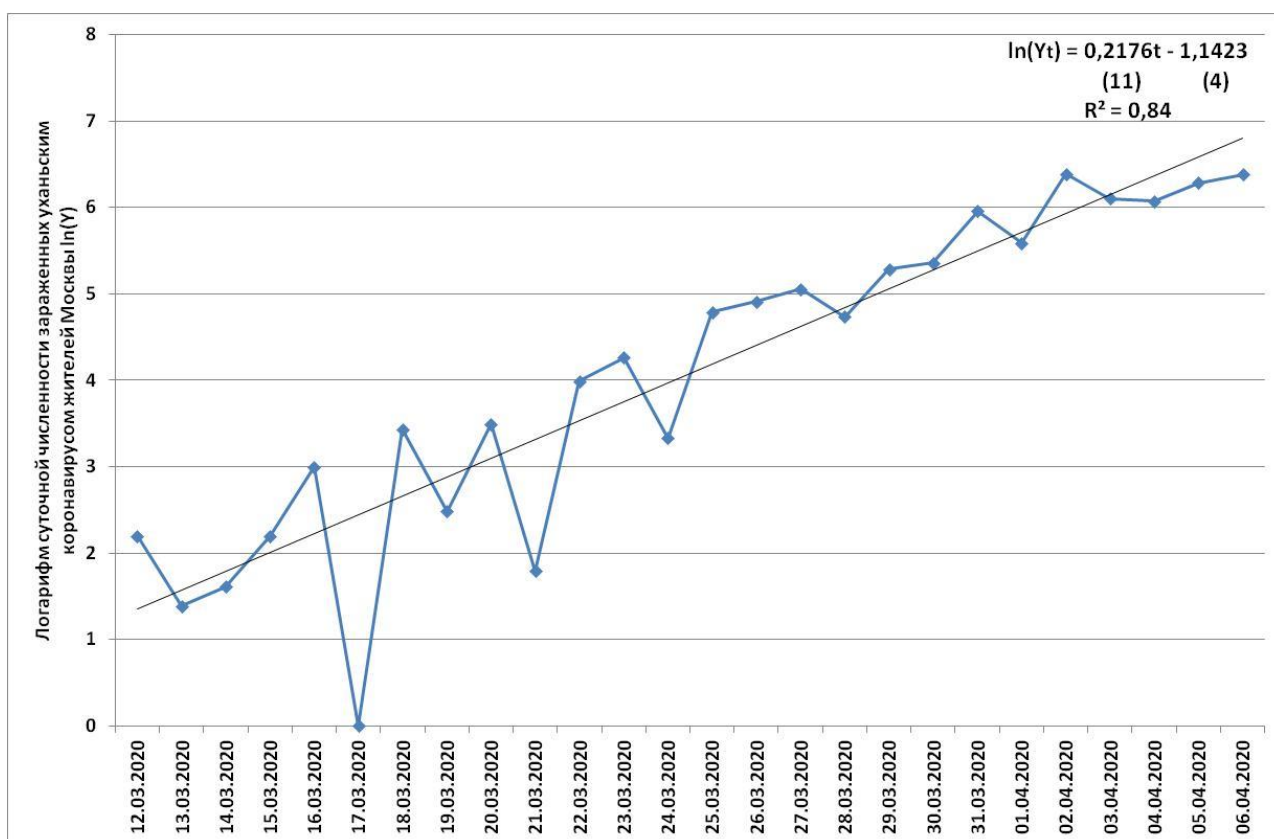


**Рис 4.** Фактические и прогнозные на период 26 апреля – 23 июня 2020 г. значения суточной численности зараженных уханским коронавирусом жителей Москвы по функции (15), исследованной во временном промежутке 12 марта – 25 апреля (табл. 1).

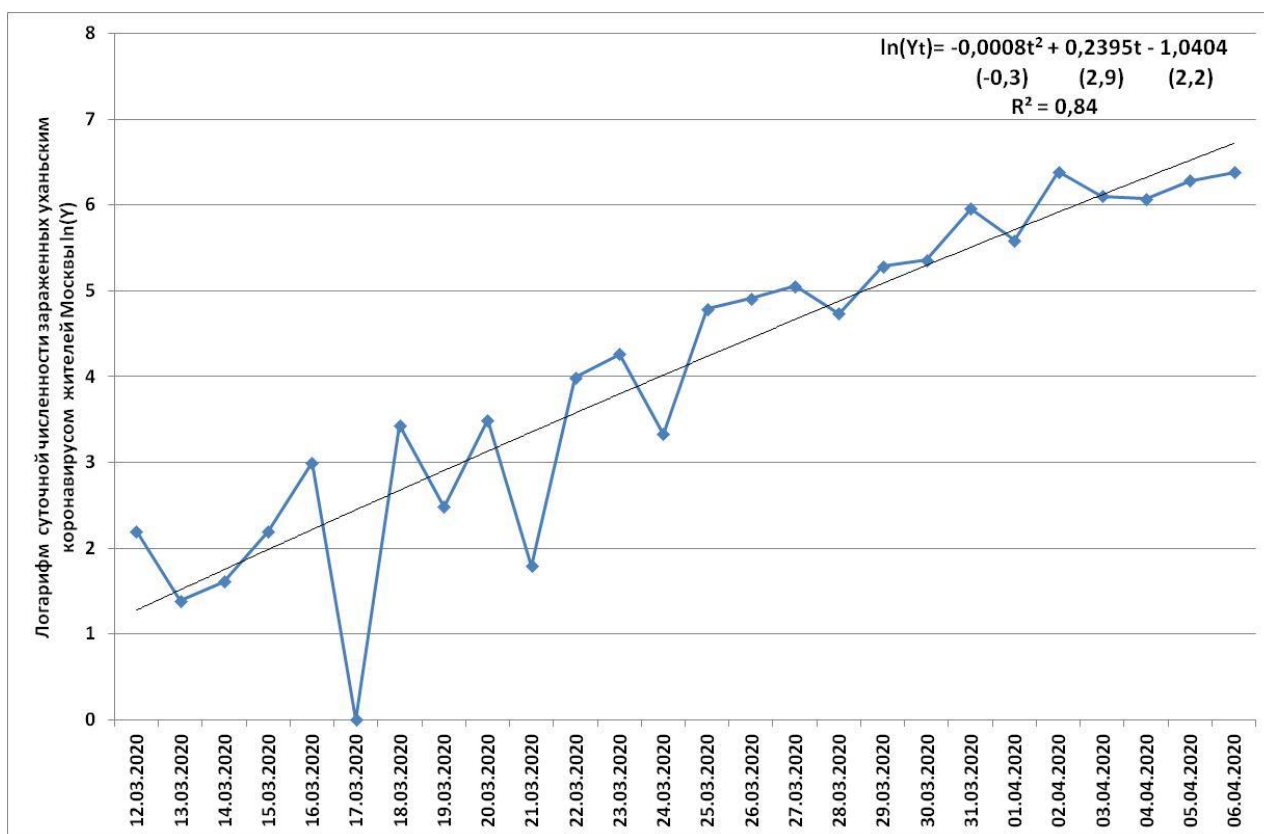


**Рис 5.** Фактические и прогнозные на период 12 апреля – 23 июня 2020 г. значения суточной численности зараженных уханским коронавирусом жителей Москвы по функции (1), исследованной во временном промежутке 12 марта – 11 апреля (табл. 1).





**Рис 6.** Аппроксимация линейной функцией фактических значений натурального логарифма суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы за период с 12 марта по 6 апреля сего года.



**Рис 7.** Аппроксимация квадратичной функцией фактических значений натурального логарифма суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей Москвы за период с 12 марта по 6 апреля сего года.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

