

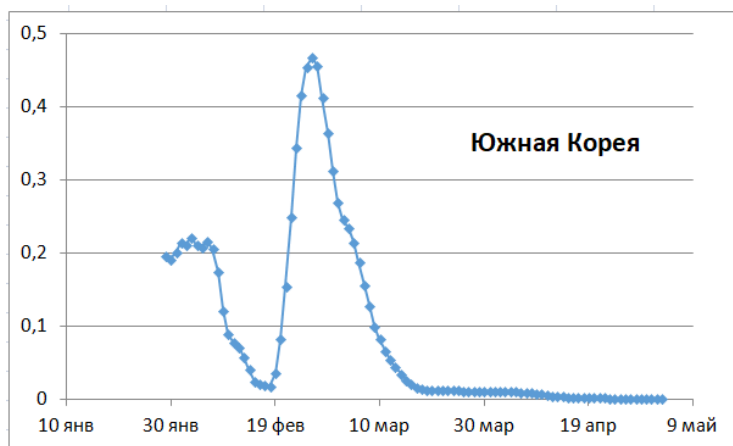
# Индикаторы противодействия пандемии COVID-19

Благовещенский Ю.Н.

Пусть<sup>1</sup> совокупное число зараженных равно  $N(t) = N(0) \cdot e^{\lambda(t) \cdot t}$ . Очевидно, что чисто формально такое представление всегда возможно, если положить  $\lambda(t) = \ln[N(t)/N(0)] - t$ . Здесь  $t = 0$  представляет некий условный момент времени, в который эпидемия "громко заявляет о себе". Попробуем оценить  $\lambda(t)$  методом скользящего окна по небольшому числу точек. Хорошо известно, что в случае экспоненциального роста с точностью до случайных отклонений от него, состоятельной оценкой будет коэффициент наклона наилучшей в среднеквадратичном прямой, проходящей через последовательные точки  $(t_k, \ln N(t_k))$  с шагом в 1 день, принадлежащие соответствующему интервалу времени. В отсутствие чистой экспоненты можно взять коэффициент наклона по 10 дням<sup>2</sup>  $\hat{\lambda}(t)$  и принять его за некую оценку истинного  $\lambda(t)$ . Конечно, такая оценка будет обладать абсолютно разной достоверностью на разных участках развития пандемии, но её динамика должна в целом отражать динамику той, неизвестной нам характеристики  $\lambda(t)$ , которая, что легко обосновать, является чувствительным индикатором тех или иных препятствий, возникающих на пути распространения вируса.

Поскольку нас интересует влияние предшествующих событий на характер кривой (на изменение её производной), то привязывать значение  $\hat{\lambda}(t)$  надо к последней дате в окне из-за того, что все точки окна для этой даты являются этим "прошлым". Если же мы привяжемся к центру, то всплеск, который произойдет через 4-5 дней (а это – будущее), может сильно исказить картину для интерпретации, для осмысления, хотя с точностью до сдвига обе кривые будут практически идентичны. Т.е. привязка к правому краю – смысловая, для интерпретации в конкретной целевой задаче. А именно, мы хотим обосновать гипотезу о том, что активные действия по созданию препятствий к распространению инфицирования коронавирусом SARS-CoV-2 достаточно четко проявляются на графиках  $y = \hat{\lambda}(t)$ .

Рассмотрим рисунок 1, на котором приведен график, когда коэффициент наклона<sup>3</sup>  $\hat{\lambda}(t)$  для момента времени  $t$  определяется по точкам с  $t_k = t - 10 + k$ ,  $1 \leq k \leq 10$ .



**Рис.1.** Это данные по Южной Корее. Значение  $\hat{\lambda}(t)$  зависит от числа зараженных в этот день и в предшествующие 9 дней. Резкие изменения в траектории – это наследие актов, которые проводились или не проводились примерно 10 дней тому назад.

Мы видим, что стремительность начинает устойчиво снижаться после пика 26 февраля. То есть некие акты за одну-две недели до этого должны были подействовать на изменения в

<sup>1</sup> Для незнакомых с начальными сведениями из статистики и математического анализа написано введение к этому материалу на примере данных по Южной Корее (см. [здесь](#)).

<sup>2</sup> Выбор ширины окна в 10 дней был сделан чисто опытным путём из визуального анализа графиков с разными окнами и для разных стран и сопоставления их с разной информацией об актах противодействия распространению эпидемии COVID-19.

<sup>3</sup> Мы постоянно будем **угол наклона**  $\hat{\lambda}(t)$  называть **стремительностью**, что хорошо отражает смысловую связь этой величины с динамикой распространения пандемии.

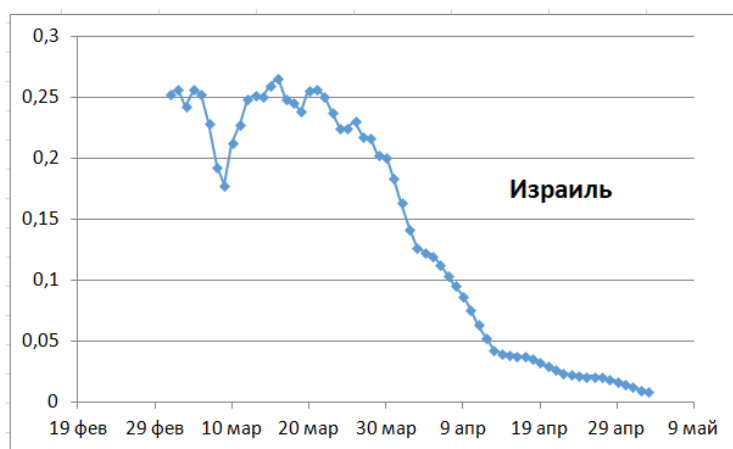
стремительности пандемии. Действительно, поискав, мы нашли публикацию, в которой говорится об этих актах противодействия (<https://www.kp.ru/daily/27107.5/4182123/>):

Быстро пришло осознание, что где-то система сработала не лучшим образом. Извлекли уроки. И когда 18-19 февраля 2020 года в Южной Корее началась вспышка коронавируса, меры приняли сразу.

Тактику борьбы назвали 3-Т. От английских слов: trace — отследить потенциального больного, выявить все его возможные контакты с другими людьми; test — взять у «подозреваемых» анализы и быстро получить результат; и treat — излечить.

При этом, в отличие от Китая, не было жёсткого карантина с блокадой городов. Почему? И общество, и государство доверяли друг другу.

Теперь посмотрим на другой график такого же типа – для Израиля (рисунок 2).



**Рис.2.** Это данные по Израилю. Фактически спад  $\hat{\lambda}(t)$  начинается после 20 марта с переходом в устойчивое снижение после 30 марта (правда, с отрезками разной скорости).

На этом графике мы наблюдаем некий колебательный процесс с бросками "вниз – вверх" вплоть до 20 марта, после чего идет линейное (в среднем) снижение до 30 марта, когда скорость снижения резко увеличивается. И мы нашли два сообщения, которые позволяют найти для этих изменений вполне осмысленные причины. Вот ссылки на эти сообщения:

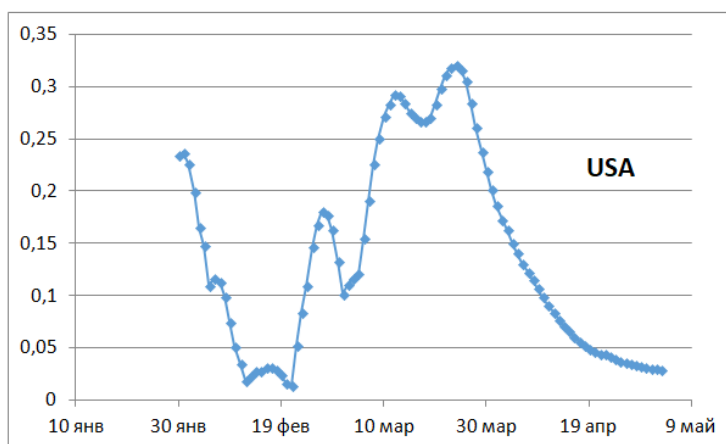
1. <https://www.mk.ru/politics/2020/03/10/izrail-prinyal-besprecedentnye-mery-po-borbe-s-koronavirusom.html>
2. <https://stmegi.com/posts/78941/ministr-vnutrenney-bezopasnosti-izrailya-predlagaet-polnuyu-blokadu-i-voennye-patruli/>

Первое из них датировано **10 мартом** и сопровождается заголовком: *"Израиль принял беспрецедентные меры по борьбе с коронавирусом"*. Начавшееся 20 марта снижение стремительности, т.е. снижение темпов в распространении COVID-19 вполне объяснимо после введенных 10 марта актов противодействия пандемии.

Второе сообщение датировано 23 марта. Фактически министром внутренней безопасности Израиля было заявлено следующее: "Израиль постепенно будет продвигаться к введению полной блокады городов. Еще сотни тысяч людей не будут выходить на работу. Израиль будет разделен на зоны, а полиция вместе с солдатами ЦАХАЛ будет проверять каждого, кто будет обнаружен на улице". И было заявлено, что, начиная с утренних часов 23 марта, мусульманским молящимся и еврейским посетителям запрещено заходить на территорию комплекса Храмовой горы. Это вполне объясняет скачок в крутизне графика 30 марта.

Вообще говоря, Корея и Израиль были взяты для исследования первыми практически случайно, из соображений их геополитических особенностей, и лишь после этого были проведены поиски актов противодействия пандемии в этих странах. Следующей страной были

намечены США, а за ними предполагается рассмотреть ряд европейских стран, Россию (с Москвой и без Москвы), отдельно Москву, и, возможно, Индию. Так что в этом сообщении мы остановимся ещё только на США, для которой график  $\hat{\lambda}(t)$  представлен на рисунке 3.



**Рис.3.** Динамика стремительностей  $\hat{\lambda}(t)$  – оценки методом скользящего окна из десяти последовательных наблюдений, привязка к последней дате в окне.

Рассматривая график  $y = \hat{\lambda}(t)$ , можно отметить три холма, с которых этот график "скатывается", причем последний раз – устойчиво и без попыток повернуть вверх. Привязываясь к этим трем вершинам и отступая от них в прошлое на одну-две недели, мы пытались найти те действия властей в США, которые бы могли объяснить возникновение волн "скатывания" с этих явно видимых на графике холмов.

Первое, что мы находим, это [введение чрезвычайного положения](#) в связи с COVID-19, о чем 13 марта на своей пресс-конференции объявил Дональд Трамп. Это, насколько можно судить, было той "последней каплей", которая переломила экспоненциальный рост пандемии, но не мгновенно, всё пошло к снижению  $\hat{\lambda}(t)$  после 23 марта, т.е. десятидневные интервалы с началом после 13 марта уже содержат признаки ослабления пандемии.

Гораздо труднее с интерпретацией двух более ранних холмов. Но тут помогает схожесть графиков России<sup>4</sup> и США с точки зрения холмистости и федерального устройства. И мы стали искать, какие акты для противодействия распространению COVID-19 принимались (и принимались ли) в отдельных штатах. И эта идея мгновенно сработала, выведя нас на [сообщение Интерфакса](#) от 12 марта 24 за предыдущие дни марта 24 штата объявили на своих территориях чрезвычайное положение (ЧП), не дожидаясь решения федерального центра. Среди них 12 из 15 самых крупных по населению штатов ввели ЧП в первую неделю марта. И это, из-за не одновременности начальной стадии распространения коронавируса в разных штатах, может объяснять возникновение холмов с высоким подъемом и небольшим спадом. По крайней мере, введение ЧП в отдельных штатах 1-8 марта (а это Калифорния, Вашингтон, Нью-Йорк, Орегон и несколько других штатов) заведомо могли сломить тенденцию и скатывать  $\hat{\lambda}(t)$  с холма 12-17 марта.

Самый первый склон в первую декаду февраля и отсутствие роста вплоть до 21 февраля на ранней стадии развития эпидемии может быть обусловлен [запретом на въезд](#) в страну иностранцам, посетившим Китай в последние две недели, и введение двухнедельного карантина для граждан США.

Эти три страны достаточно убедительно представляют содержание таких графиков.

<sup>4</sup> Мы здесь не приводим график для России, обсуждение которого предполагается провести отдельно в сопоставлении с графиками Москвы и России без Москвы как отдельного объекта.