

Введение к индикаторам противодействия пандемии COVID-19

Благовещенский Ю.Н.

Выбор Южной Кореи для демонстрационного анализа обусловлен тем, что её руководство не мучилось в выборе момента для принятия решений и о выборе средств борьбы с распространением COVID-19. Как только выявляемое число зараженных стало нарастать как снежный ком (1 → 15 → 34 → 75 → 190 в течении 18-22 февраля), меры были приняты тут же. Премьер-министр Чон Се Гюн обращается к нации и уже с 23 февраля определяется тактика ЗТ¹ борьбы с распространением коронавируса. И вслед за этим – хорошо организованное тестирование вплоть до наказания за отказ от него, запрет политических демонстраций и митингов. И самое главное: социальная ответственность людей и доверие к государству.

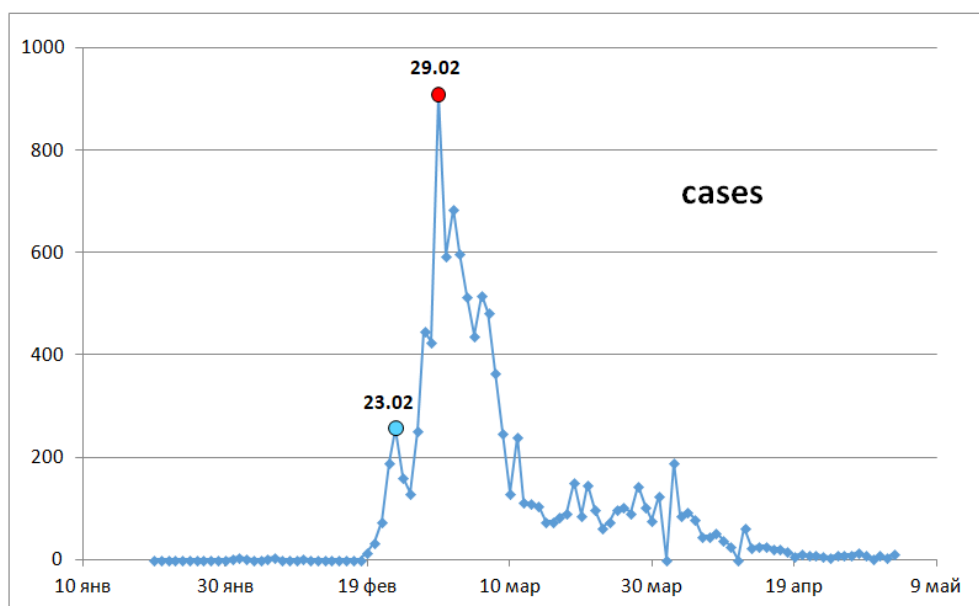


Рис.1. Это посуточное число выявляемых зараженных COVID-19 в Ю. Корее (20.01-03.05).

Представленный на рисунке 1 график имеет всего две особые точки: промежуточный пик 23 февраля, обозначивший переход эпидемии в пандемию, и главный пик 29 февраля в *свободном* развитии пандемии. Мы говорим "... в *свободном* ...", поскольку увидеть даже мгновенную реакцию на акты противодействия, вводимые с 23 февраля, можно лишь 4-8 дней, что и проявилось после 29 февраля, когда эти меры борьбы с пандемией стали срабатывать.

Но Ю.Корея – это идеальный пример, обусловленный целым рядом причин: (1) У страны Утренней Свежести уже был опыт борьбы в 2015 году с коронавирусом MERS, из которого корейцы сумели извлечь уроки; (2) Руководство страны оказалось достойным ситуации (сам Чон Се Гюн не отсиживается в Сеуле, а едет в центр заражений и руководит работой оттуда); (3) Государство и общество (люди) доверяют друг другу. Как же выявлять эффективность разных мер противодействия распространению пандемии там, где гражданское общество делится на страты с разными, порой конфликтными взглядами на руководство страны и друг на друга? Где нет политического единства, так что решения принимаются с трудом и могут сильно запаздывать, а их исполнение натывается на противостояние отдельных страт?

Одним из инструментов статистики, который позволяет освободиться от локальных случайностей в изучаемом временном ряду, является сглаживание методом скользящих средних. А именно, берётся "окно" из двух отстоящих дат, T_1 и T_k , шириной в k дней и берутся измеряемые показатели X_1, \dots, X_k , характеризующие каждый из этих k дней. И вычисляется среднее значение $\bar{X} = \frac{1}{k} \cdot (X_1 + \dots + X_k)$, которое обычно привязывается к середине "окна", например, если $k = 5$ и $T_1 = 19$ февраля, то среднее пяти наблюдений (19, 20, 21, 22 и 23 февраля)

¹ ЗТ — это Trace, Test и Treat (выявить зараженного вместе с его случившимися контактами; взять у «подозреваемых» анализы и быстро получить результат; излечить заболевших).

по "обычному" правилу привязали бы к 21 февраля. Однако в нашем случае выбор ширины "окна" и даты в "окне", к которой привязывается \bar{X} , представляет отдельную задачу.

Представьте себе, что \bar{X} является хорошим индикатором неких мер борьбы с пандемией. В таком случае окно должно содержать те даты, в которые показатели числа заражений будут нарушать ранее сложившуюся динамику и будут предшествовать дате, к которой привязывается значение скользящего среднего. Отсюда следует, что в нашем случае скользящее среднее надо привязывать к последней дате "окна", а "окно" надо брать достаточно широким, чтобы принимаемые властями меры могли бы проявиться. Именно из этих соображений были выбраны окна в 10 последовательных дат², а скользящее среднее привязывалось к последней дате в "окне".

Таким образом, вместо наблюдаемого ряда $x_1, x_2, \dots, x_t, \dots, x_T$ берётся укороченный ряд скользящих средних $\bar{x}_t = \frac{1}{10} \cdot (x_{t-9} + x_{t-8} + \dots + x_{t-1} + x_t)$, начинающийся с $t = 10$. Но это далеко не все проблемы, которые надо преодолеть, чтобы найти более или менее эффективные индикаторы противодействия пандемии. Дело в том, что характерным признаком перерастания эпидемии в пандемию является появление устойчивой пропорции между числом $n(t)$ вновь выявляемых людей, инфицированных COVID-19, к числу всех-всех инфицированных $N(t - 1)$ в предшествующий дате t день. Другими словами: если вчера число всех инфицированных в стране (мире, регионе) было равно $N(t - 1)$, то сегодня к ним прибавится³ $n(t) \cong q \cdot N(t - 1)$ зараженных. Отметим, что коэффициент q существенно больше нуля, порядка 0,1-0,3 для COVID-19, и далеко не сразу начинает снижаться, сближаться с нулем.

Эта особенность пандемии подсказывает нам, что в качестве индикатора её **стремительности** надо выбрать либо само значение q , либо величину, которая близка к нему и по смыслу, и по динамике во времени. Достаточно простые математические выкладки при вполне обоснованных предположениях показывают, что вместо q можно брать коэффициент угла наклона касательной к графику логарифмов величин $N(t)$, который часто обозначают $\lambda(t)$. На рисунке 2 показан график натуральных логарифмов $N(t)$ для Южной Кореи и график оценок для $\lambda(t)$, полученных методом скользящего "окна" шириной в 10 дат и с привязкой к последней дате в "окне".

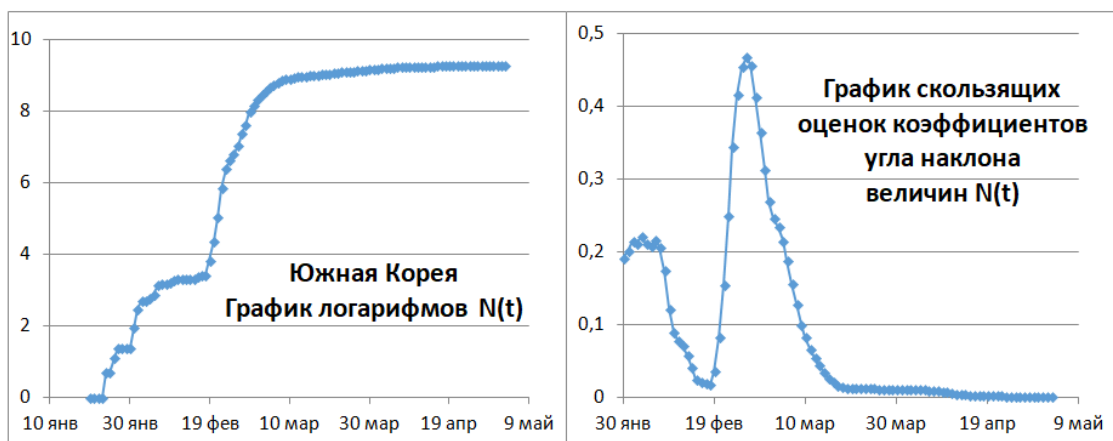


Рис.2. На обоих графиках по оси абсцисс – даты, оси ординат описаны в тексте.

Внешне график $\hat{\lambda}(t)$ в правой части рисунка 2 напоминает картину на рисунке 1, но принципиально отличается от неё, т.к. коэффициенты угла наклона логарифмов $\hat{\lambda}(t)$ безразмерны, инвариантны к выбору масштабов, что дает право сравнивать разные страны между собой, и концентрируют в себе влияние всех событий, которые происходят в предшествующие 10 дней по отношению к наблюдаемому моменту времени. И даты, где начинается скатывание с холма на графике, указывают на проведенные ранее акты против COVID-19.

² И нельзя брать "окно" слишком широким, чтобы не захватить факторы влияния за пределами средней продолжительности интервала "заражаемости" тех, кто оказался инфицированным.

³ За вычетом умерших и вылечившихся, долей которых в момент "разгула" эпидемии можно пренебречь.