

ПРИЛОЖЕНИЕ: Комментарии к слайдам

Слайды 2-5. Введение

1. Реакция властей и общества на захватывающую страну эпидемию меняет ход самой эпидемии, противодействие снижает темпы распространения, а снижение темпов расслабляет власть и общество, из-за чего эпидемия снова может усилиться. Это качели. И без включения этого взаимовлияния не может быть реально работающей модели.

2. Процессы заражения, смертей и выздоровления, а тем самым и поведение людей, различны на разных этапах развития пандемии, так что реальная модель должна быть склейкой нескольких моделей, а переход между ними будет фазовым переходом от одного состояния к другому.

3. Отсюда следует, что главная задача на этапе анализа происходящих явлений состоит в вытаскивании из имеющихся данных индикаторы, которые могут наполнить будущие модели статистическим материалом для их работы на прогноз, на выбор лучших мер по противодействию.

Однако всякое исследование того или иного явления опирается на имеющиеся данные, включая измерения, описания, мнения и тому подобные "факты". Об этом **слайд 3** и **слайд 5**, предупреждающий об определенных сложностях работы с данными о Covid-19. За этим предупреждением, кроется не только естественные по своей природе расхождения в данных от разных источников из-за разной привязки к разным часовым поясам, но и в банальной небрежности сборщиков этих данных. Такого рода ошибки присутствуют и в данных ВОЗ, и на портале статистических данных ЕС, и в весьма большом числе в данных от университета Джонса Хопкинса. Вот, например, данные по общему (накопленному) числу официально зарегистрированных заражений Covid-19 во Франции:

8	9	10	11	12	13	14	15
82048	86334	90676	93790	120633	124298	129257	132473
16	17	18	19	20	21	22	23
144944	146923	146906	151808	154188	156921	154715	157026

Казалось бы всё хорошо, но вычислим по этим данным суточный прирост инфицированных:

8	9	10	11	12	13	14	15
	4286	4342	3114	26843	3665	4959	3216
16	17	18	19	20	21	22	23
12471	1979	-17	4902	2380	2733	-2206	2311

И на протяжении всего 16 дней крайне странно выглядит *отрицательный прирост*, особенно на **-2206** человека, и огромный прирост почти в **27 тысяч** инфицированных на фоне 3-5 тысяч в остальные дни.

Слайды 6-12. Индикаторы борьбы с COVID-19

Динамика суточного прироста числа инфицированных в Южной Корее (**слайд 6**) имеет всего две особые точки: промежуточный пик 23 февраля, обозначивший переход эпидемии в пандемию, и главный пик 29 февраля, после которого пандемия начинает ослабевать. Среди предшествующих этим датам публикаций было найдено сообщение (<https://www.kp.ru/daily/27107.5/4182123/>), в котором говорилось, что в Южной Корее уже опыт борьбы с такой напастью: в 2015 произошла вспышка коронавируса MERS. Тогда, боясь паники, власть много дней скрывало истинный масштаб угрозы. Теперь, когда произошла вспышка коронавируса, меры приняли сразу, 22 февраля. Тактику борьбы назвали "3 T" от английских слов: trace – отследить потенциального больного и выявить все его возможные контакты; test – протестировать «подозреваемых» и treat – излечить. При этом не было жёсткого карантина с блокадой городов. Почему? И общество, и государство доверяли друг другу.

На правой диаграмме **слайда 7** представлен график коэффициентов наклона прямых, аппроксимирующих касательные к кривой, представленной на левой диаграмме. Подробности построения этих аппроксимирующих прямых подробно описан в файле под названием: [Введение к индикаторам противодействия пандемии COVID-19](#).

К тексту на **слайде 8** должно быть вступление. В том же сообщении о принятых мерах было сказано следующее: "... 18-19 февраля первая вспышка коронавируса в Южной Корее; а уже 22 февраля пре-

мьер-министр Чон Се Гюн честно и открыто обращается к нации ... и напоминает про защитные меры: гигиена, карантин, добровольная изоляция. Люди к нему прислушиваются и действительно самоизолируются – без полицейских мер...". А т.к. максимум на графике справа, приходится на 27 февраля, после чего начинается резкое падение, то причину этого надо искать в актах противодействия распространению Covid-19, происходящих за 6-10 дней до описываемых событий (ведь эта характеристика как бы собирает историю предыдущих 10 дней). И мы действительно такое противодействие со стороны населения и властей Южной Кореи нашли.

На **слайдах 9 и 10** представлены диаграммы с кривыми описанного выше индикатора противодействия Covid-19 для Израиля и США соответственно. На диаграмме Израиля после 20 марта идет линейное (в среднем) снижение до 30 марта, затем скорость снижения резко увеличивается. Предпосылки для 20 марта надо искать в интервале 9-15 марта, а для 30 марта – 19-25 марта.

Находим: "вечером **9 марта** правительство Израиля приняло решение о введении обязательного двухнедельного карантина для всех прибывающих в страну из-за рубежа людей. При этом въезд будет полностью закрыт для приезжих из двух десятков государств и специальных административных районов".

И **23 марта**: "Израиль 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 будет проверять каждого, кто будет обнаружен на улице". Причем военные были подключены и для патрулирования в районах проживания ортодоксальных евреев ("Ортодоксы составляют лишь 12% населения Израиля, при этом, по разным данным, от 40 до 60% всех зараженных коронавирусом по стране — хасиды").

У кривой на **слайде 10** (США) отмечены три пика, так что надо посмотреть на предшествующие этим "особым" датам, какие акты противодействия вирусу принимала власть.

Что же предшествовало 23 марта? – Дональд Трамп объявил с 9:00 13 марта Режим Чрезвычайной Ситуации (РЧС).

А что предшествовало 12 марта? – Оказывается, что до 12 марта 24

штата объявили у себя РЧС, не дожидаясь решений Федерального центра, причем, густонаселенные штаты западного побережья вводили РЧС в интервале 1-10 марта (объясняет 2-й пик).

А вот всплеск 27 февраля обусловлен двумя местными вспышками: на слайде 11 мы видим, что на фоне практически отсутствия заражений к 16 инфицированным 22 февраля добавляется сразу 19 человек, а 25 февраля к 35 зараженным добавляется 18, причем, 26 февраля зараженных снова нет.

На слайде 12 приведена траектория суточного прироста числа инфицированных в США, чтобы показать, что на графиках первичных показателей о коронавирусе ничего примечательного и указывающего на борьбу властей с Covid-19 не обнаруживается.

Слайды 13-17. Этап пандемии

Фактически все модели основываются на разделении всего населения на группы, например, на восприимчивых, невосприимчивых, инфицированных и умерших (тех, кто выздоровел, относят, как правило, к невосприимчивым). И на обыкновенных дифференциальных уравнениях для долей населения в этих группах. Причем, производные от этих долей пропорциональны этим долям, правда, коэффициенты при них могут зависеть от доли какой-нибудь другой группы. Желающие могут познакомиться с обзором, в котором рассматриваются существующие аналитические модели распространения сетевых червей. Приводится описание детерминированных моделей (SIS, SIR, SEIR, SAIR и PSIDR) и стохастических.

Котенко И. В., Воронцов В. В. Аналитические модели распространения сетевых червей // Труды СПИИРАН. Вып. 4. — СПб.: Наука, 2007.

Суть в том, что современные модели настроены на то или иное конкретное устройство пространства, в котором происходит эпидемия, тогда как это пространство взаимодействует с самим процессом развития пандемии, т.е. нужны модели поведения социума и стратегии его поведения в условиях пандемии.

У нас есть данные по инфицированным, число умерших и число выздоровевших (из зарегистрированных как инфицированные). Но у нас у нас нет фактически данных о числе восприимчивых и невосприимчивых, и мы можем лишь сказать, сколько выявленных

зараженных у нас есть на ту или иную дату. Поэтому на начальной стадии эпидемии, обнаружившей признаки пандемии, главными являются данные о числе инфицированных и умерших.

На **слайде 14** приведена траектория логарифмов накопленного числа выявленных зараженных. На ней хорошо видно, что где-то с 1-3 марта эпидемия приобретает черты пандемии и разносится по США практически с одним и тем же показателем экспоненциального нарастания числа зараженных почти до конца марта, после чего её мощность начинает падать.

И сразу же возникает вопрос: **Где же конец пандемии?**

Не конец эпидемии, а конец пандемии, когда мы сможем сказать, что пандемия сошла на "нет" и ситуация с распространением болезни сохраняет черты обычной эпидемии, как, например, осенние эпидемии обычного гриппа.

Посмотрим на **слайд 15**. Верхняя кривая – это та же, собственно, кривая, что и на слайде 14, но с акцентом на её позднюю (по датам) часть. Мы видим, что коэффициент экспоненциальности стал меньше 0.01 (одной сотой), т.е. почти в 30 раз меньше, чем в марте. Но это все равно ещё не довод, нужен хорошо интерпретируемый критерий. Вспомним, что критерий наступления пандемии – это практически линейная и плюсовая зависимость суточной прибавки инфицированных от их общего числа.

Взглянем поэтому на суточные данные (**слайд 16**). Мы видим достаточно беспорядочные колебания с небольшим трендом убывания, но количество вновь выявляемых заражений почти не убывает, он никак не может пробиться всерьез ниже 20 тысяч. И это вроде бы не дает оснований для признания ситуации эпидемией.

На этом **слайде 17** представлен главный (на мой взгляд) критерий того, что пандемия перестала быть пандемией, а превратилась в эпидемию, т.е. потеряла свою главную черту: положительную корреляционную зависимость суточного прироста зараженных от их общего числа. И если даже убрать две точки, 3-4 мая, то коэффициент корреляции всё равно останется отрицательным, -0.226 , так что значимая положительная зависимость заведомо отсутствует.

Таким образом можно ввести достаточно простой для вычислений и вполне интерпретируемый критерий перехода эпидемии из состояния пандемии в состояние "вокруг плато". И для исследование этого состояния интегральные характеристики числа инфицированных, числа умерших и числа выздоровевших мало информативны, нужны более тонкие индикаторы динамики на этом этапе.

Слайды 18-24. Прогнозы максимума заражений.

Эта часть доклада посвящена прогнозу выхода из пандемии, моменту слома ситуации, и основана на анализе статистических данных о динамике распространения COVID-19 в России. Для того, чтобы обосновать право на работу с российскими данными, проведу сравнение РФ с США.

Конечно, четыре диаграммы на **слайде 18** мелковаты для разглядывания, но самое важно вам видно. Это параллельная аппроксимация логарифмов совокупного числа инфицированных для США и РФ прямыми в 4-х отрезках, на которые был развит диапазон с 5-го марта до 4 мая включительно.

Характеристики этих аппроксимаций приведена на **слайде 19**.

Образно говоря, если уж явилась пандемия, то ей плевать на то, что это за страна, она живет по своим естественным законам и в век новых информационных технологий её тенденции распространения можно нарушить лишь сверх развитой диктатурой. Так что суть закономерностей и в США, и в РФ одна и та же, а отдельные потуги сокрытия данных оказываются всего лишь фоном, который эти главные закономерности не может нарушить.

Это – основной вывод из анализа этих двух слайдов, 18 и 19.

Слайды 20-21 представляют сделанную 16 апреля попытку спрогнозировать наступление максимума по динамике падения углов наклонов спрямляющих отрезков. Фактически для расчетов были использованы всего три временных отрезка. Как и на **слайдах 18-19** коэффициенты экспоненциальности падают. И этим можно воспользоваться (**слайд 21**).

На диаграмме **слайда 22** представлена динамика логарифмом накопленного числа инфицированных, $N(t)$, на ту или иную дату t . Весь

представленный диапазон разделён на 2 отрезка: с 5 по 18 апреля и с 19 по 30 апреля. Первая часть данных практически лежит на прямой, это явный участок чисто экспоненциальной пандемии с $g = 0,1474$. Вторая часть – почти прямая, коэффициент детерминации равен 0.9986, но только "почти...". В этой части данных наблюдается кривизна, тенденция роста чуть-чуть снижается.

И вспомним, что более или менее гладкие тенденции можно аппроксимировать не только прямыми, но многочленами второго порядка. Прделав это, мы получим следующее уравнение:

$$y = (0,1442x + 10,512) - 0,0044x^2$$

Другими словами, у кривых их главными характеристиками в отдельных точках будут угол наклона касательной и кривизна аппроксимирующей параболы, производная которой равна нулю там, где кривая сменит рост на падение, то есть в точке максимума для суточного прироста инфицированных. Этим можно пользоваться для прогноза о выходе на максимум, см. **слайд 23**, на котором дана ссылка на "выставку" прогнозов.

Слайде 24 является иллюстрацией основного результата по прогнозам. Что же мы наблюдаем? То, что с высокой уверенностью можно полагать, что максимум был 11 мая, причем, число инфицированных перед спадом после 13 мая превысило 250 тысяч, что вполне укладывается в прогнозный диапазон.

Что же происходит, когда каждодневный приток инфицированных проходит свой пик и уже к нему не возвращается? Россия, как видно на **слайде 24** не слишком показательна, она только-только проскочила свой максимум, следует изучать другие страны.

Слайд 25-29. Этап угасания эпидемии.

Снова взглянем на Южную Корею (она одна из первых справилась с пандемией). На **слайде 25** в правом верхнем углу в большом масштабе показана динамика суточных заражений с 1-го по 26 мая. Интересно, что у Кореи четко выражены два отрезка флуктуации, с 15 марта по 7 апреля и, после небольшого перехода, с 13 апреля по 26 мая. Этот двухступенчатый процесс без каких-либо выраженных тенденций на каждой из двух ступенек заслуживает особого внимания. Похоже, что процесс угасания эпидемии может иметь не-

сколько уровней (1, 2 или больше – кто знает?), на которых может оставаться достаточно долго, что и создает эффект ступеньки.

Примерно такое же развитие COVID-19 в Израиле (**слайд 26**).

На **слайде 27** представлена Швеция с её совершенно особым типом отношения к COVID-19 и с особой динамикой суточного прироста инфицированных коронавирусом SARS-CoV-2, порождающим заболевание COVID-19. Экстремально широкий диапазон колебаний очень напоминает ситуации с появлением вероятностного хаоса.

Две страны, Франция и Испания, лишь вступают в зону флуктуаций, так что ещё все впереди (**слайд 28**).

На **слайде 29** даны диаграммы по динамике суточных приростов числа инфицированных в США и в Великобритания. По тенденции распространения COVID-19 эти страны весьма похожи, но они застряли на достаточно высоких уровнях суточного прироста инфицированных (как, впрочем, и Россия). Более того, нет никакой уверенности, что это последний уровень перед спуском в зону флуктуаций возле нуля.

На **слайде 30** приведены данные за последний месяц для Москвы и для России (всей, включая Москву и без Москвы). Хотелось бы спрогнозировать выход в зону флуктуации около нуля, но похоже, что мы флуктулируем на уровнях, далеких от фона, а регионы пока ещё растут, хотя эта тенденция вроде бы снижается.

Слайд 31. Выводы.

Краткое изложение выводов уже сделано, можно лишь их сформулировать чуть иначе и чуть подробнее остановиться на отдельных моментах. Попробуем провести такую ревизию.

К пункту 1.

Всякое действие властей, ограничивающее свободу передвижения людей, свободу ведения бизнеса и введение других мер, якобы мешающих распространению эпидемии в той или иной мере меняет пространство, в котором "живет и буйствует" коронавирус. А это означает, что статистические данные о динамике заражений через некоторое небольшое время будут подчиняться другим закономерностям, поскольку взаимодействие людей и коронавируса будет подчинено другим правилам. Следовательно, индикаторы про-

тивоводействий распространению эпидемии следует искать в динамике локальных изменений её общего хода.

К пункту 2.

В данном случае речь идет не столько о корреляции, сколько о том, что зависимость $n(t + 1) = g(t) \cdot N(t)$ с $g(t) \geq g_0 > 0$, где g_0 значительно отделено от нуля, перестает работать. Просто в данном случае простейшим подходом оказалось исчисление коэффициента корреляции между $n(t + 1)$ и $N(t)$.

К пункту 3.

Для обсуждения можно привести следующую гипотетическую таблицу значимости разных данных на разных этапах:

Необходимость	Начало	Пандемия	Максимум	Падение
Высшая	$N(t)$	$N(t)$	$n(t)$	$n(t)$
Нормальная	$D(t)$	$n(t)$	$A(t)$	$d(t)$
Свободная	-----	$D(t)$	$d(t)$	$A(t)$

Здесь, в дополнение к обозначениям суточного $n(t)$ и накопленного $N(t)$ числа инфицированных, введены $d(t)$ и $D(t)$ – суточное и накопленное число умерших, накопленное число выздоровевших $R(t)$ и фактическое число инфицированных на момент t : $A(t) = N(t) - D(t) - R(t)$.

К пункту 4. Можно лишь сказать, что на этих четырех разных этапах условия взаимодействия социума (власть и население) и коронавируса (носитель угрозы, "хищник") столь различны, что их нельзя связать друг с другом, меняя лишь параметры некой, пусть очень сложной модели.