



РОССИЙСКИЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
им. Г.В. ПЛЕХАНОВА

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ КОРОНАВИРУСА В РОССИИ С РАЗНЫМИ РЕЖИМАМИ ОГРАНИЧЕНИЙ

В этом выпуске:

Апрель 2020

Экспоненциальная
зависимость как ха-
рактеристика раз-
вития эпидемий 2

Отражение измене-
нием численности
инфицированных 3
роли фактора само-
изоляции

Когда в Москве ожи-
дать замедления и
стабилизации при-
роста числа инфи-
цированных? 5

Насколько принимаемые меры по сдерживанию скорости развития COVID-19 эффективны?

Удается ли с их помощью реализовать упреждающую функцию карантинных мероприятий?

Используя статистику инфицирования COVID-19 в России, сотрудниками НИ «Моделирования социально-экономических систем» Научно-исследовательского объединения РЭУ им. Г.В. Плеханова предпринята попытка ответа на эти вопросы. С этой целью проведен статистический анализ выявленных случаев заболевания, осуществление которого ограничивали два фактора.

1. Поскольку в экспертной среде существуют разногласия относительно методики подсчета числа выздоровевших и умерших от коронавирусной инфекции, рассматриваются только выявленные случаи *заражения* COVID-19.
2. Поскольку динамика тестирования оказывает влияние на динамику статистики заболевших, анализируется информация, отражающая не реальный уровень инфицирования, а *охват населения тестированием*.

Экспоненциальная зависимость как характеристика развития эпидемий

Классическая модель динамики развития эпидемий (Daley, Gani, 1999) в детерминированном случае (при наличии конкретного набора параметров, указанных ниже) представляется в следующем виде:

$$N = x(t) + y(t) + z(t),$$

$$dx/dt = -\beta xy,$$

$$dy/dt = \beta xy - \gamma y,$$

$$dz/dt = \gamma y,$$

где:

N - фиксированный размер популяции;

$x(t)$ - численность популяции, подверженной заражению;

$y(t)$ - численность инфицированной популяции;

$z(t)$ - численность популяции, устойчивой к заражению;

β - коэффициент заражения;

γ - параметр иммунизации.

В применяемой нами модели динамика изменения численности зараженных – $y(t)$. В упрощенном случае ее можно оценить с помощью уравнения: $dy/dt = \beta y$, решением которого является экспоненциальная зависимость, модифицированная с помощью включения в модель *фиктивных переменных*, учитывающих качественные признаки. Эти переменные были получены по результатам анализа структурных сдвигов в исходной модели с помощью теста Чоу, применяемого в случаях, когда исследуемые наблюдения могут быть разделены на группы, обладающие определенным качеством. В случае с инфицированием COVID-19 под качеством понимается *характер мер по сдерживанию развития эпидемии*. Например, периоды самоизоляции граждан, прекращение авиасообщения с зарубежными странами и подобные им механизмы.

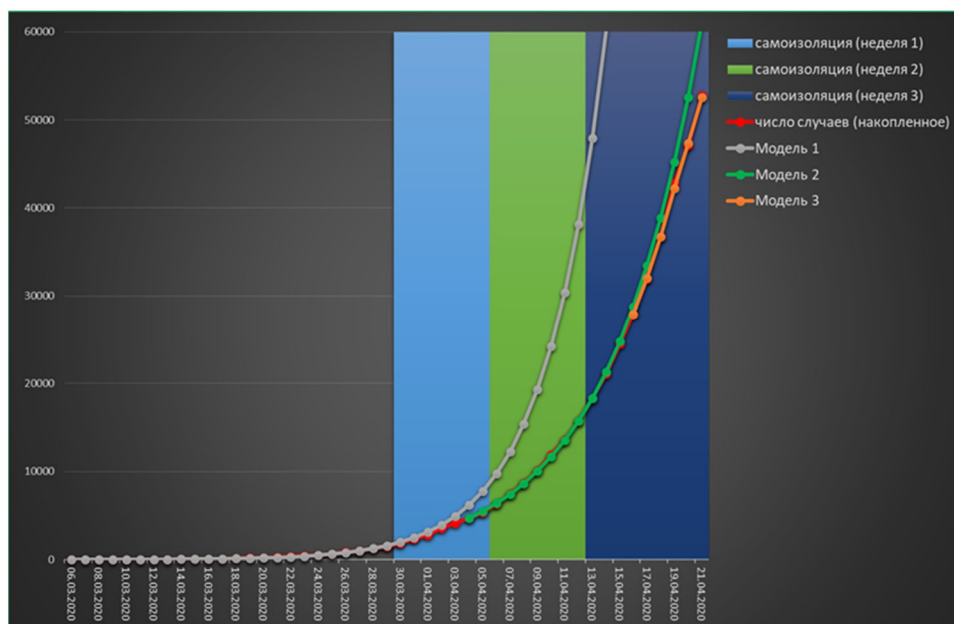
При моделировании динамики инфицирования COVID-19 применение подобного инструментария для анализа структурных сдвигов и построение моделей по подвыборкам исходных наблюдений оправдано тем, что в России *в разные временные интервалы вводились различные меры* по предотвращению массового заражения населения. Тогда в процессе моделирования происходит переключение режимов для перехода от одной группы наблюдений к другой. Эти режимы мы назовем моделями: I, II и III.

Отражение изменением численности инфицированных роли фактора самоизоляции

Первоначально была построена исходная экспоненциальная модель I развития эпидемии COVID-19. В ее рамках проведена статистическая оценка неизвестных параметров теоретической зависимости по наблюдаемым данным. Как показано на рисунке, расхождения между накопленной численностью заболевших и результатами модели I начинаются:

- с момента введения и начала действия мер по самоизоляции граждан;
- после прекращения притока новых зараженных в популяцию (всех туристов, которых смогли, вернули в страну).

С целью определения момента нарастания разрыва между реальными и модельными значениями, а также выявления даты структурного сдвига к исходной модели I применен тест Чоу. С его помощью определена дата 5 апреля, начиная с которой отмечается значительный рост неточности прогноза в рамках оценивания экспоненциальной зависимости. Ей соответствует середина срока действия карантинных, сдерживающих мер и приостановка деятельности некоторых предприятий на территории РФ, начатых 26 марта 2020 года.



Наблюдаемые данные и модельные значения на основе экспоненциальной зависимости и даты периодов самоизоляции

Модель II – перекалиброванная модель I по данным с 5 апреля 2020 года с учетом новых свойств – введение режима самоизоляции. Применительно к модели II также проведен анализ стабильности оценок неизвестных параметров с использованием статистического теста Чоу. В результате для модели, построенной по данным с 5 апреля 2020 года, выявлена точка возможного структурного сдвига: 15 апреля – середина режима самоизоляции в сочетании с началом действия анонсированного пропускного режима в Москве и Московской области.

По данным с 15 апреля построена **модель III**. Ее форма относительно моделей II и I неизменна. Отличаются лишь параметры, связанные с продлением ограничительных мер. Модель III начала действовать через 10 дней после 5 апреля. Здесь прослеживается сходство со средней продолжительностью инкубационного периода COVID-19. Наиболее вероятной является её переоценка через 10-14 дней после начала (15 апреля), что тоже связано с жизненным циклом вируса.

Прогнозные значения по трем моделям (таблица 1) демонстрируют, какие масштабы приняла бы эпидемия COVID-19 в ситуации сохранения режима работы модели I (в отсутствии карантинных и других ограничительных мер).

Результаты расчетов по **модели II** и **модели III** позволяют оценить динамику распространения коронавируса по территории РФ с условием *соблюдения* требований самоизоляции населения (52601 заболевших – результат, полученный в рамках модели III и 52763 – официально зарегистрированное число инфицированных на 21 апреля 2020 года) - Таблица 1.

Таблица 1

Численность инфицированных COVID-19 (по трем моделям)

	16.04.2020	17.04.2020	18.04.2020	19.04.2020	20.04.2020	21.04.2020	22.04.2020
Модель I (период действия 6 марта - 5 апреля 2020 г.)	94804	118987	149338	187432	235243	295248	370561
Модель II (период действия 5 апреля - 15 апреля 2020 г.)	28313	32846	38104	44205	52556	61091	71013
Модель III (период действия 15 апреля 2020 г. – н.в.)	27924	32046	36777	42207	47405	52601	58366

Когда в Москве ожидать замедления и стабилизации прироста числа инфицированных?

На основе данных о численности зараженных в Москве построен прогноз выхода эпидемии COVID-19 на «плато» – *замедление прироста численности заболевших*, наступающее после достижения пика. Для этого проведен анализ данных заболеваемости коронавирусом с помощью инструментов регрессионного анализа с применением фиктивных переменных для учета аномальных данных. Рассмотрены *все возможные комбинации* включения и исключения статистических выбросов. В результате получено три варианта прогноза: нейтральный, оптимистичный и реалистичный (таблица 2).

Таблица 2

Оценка даты выхода на нулевые темпы прироста численности инфицированных по г. Москве, по состоянию на 21 апреля 2020 г.

Характер прогноза	Оценка даты выхода на «плато»
Оптимистичный прогноз	30.05.2020
Нейтральный прогноз	11.06.2020
Реалистичный прогноз	01.07.2020

ВЫВОДЫ

Оценка структурного сдвига экспоненциальной зависимости показывает, что при отсутствии системных мер, сдерживающих распространение коронавирусной инфекции, эпидемия COVID-19 могла бы приобрести форму общенациональной катастрофы с непредсказуемыми социально-экономическими последствиями. По результатам прогнозирования, число заболевших составило бы на 21 апреля 2020 года более 295 тыс. чел.

Прогноз стабилизации темпа ежедневного прироста численности зараженных COVID-19 в Москве демонстрирует, что оптимистичный сценарий может быть реализован только при дальнейшем соблюдении текущих мер по самоизоляции граждан.

РЭУ
им. Г.В. ПЛЕХАНОВА

Адрес: г. Москва,
Стремянный пер., 36

Телефон: +7(499)237-84-87
Эл. почта: rio_reu@mail.ru

rea.ru

Бюллетень включен в
Российский индекс
научного цитирования
(РИНЦ) и международную
ассоциацию издателей
CrossRef

Научно-исследовательское объединение РЭУ им. Г.В. Плеханова

Научный руководитель

д.э.н., проф. Валентей С.Д.

Научный руководитель Научно-исследовательского
объединения РЭУ им. Г.В. Плеханова

Ответственный редактор выпуска

к.э.н. Волкова М.И.

Зав. Научной лаборатории Моделирования социально-экономических
систем РЭУ им. Г.В. Плеханова

Выпуск подготовили:

- Березняцкий А.Н., с.н.с. Научной лаборатории Моделирования социально-экономических систем РЭУ им. Г.В. Плеханова
- Волкова М.И., к.э.н., в.н.с., Заведующий Научной лаборатории Моделирования социально-экономических систем РЭУ им. Г.В. Плеханова

В материалах использованы исходные статистические данные порталов: https://rospotrebnadzor.ru/about/info/news/news_details.php?ELEMENT_ID=14289, [стопкоронавирус.рф](https://coronavirus.ru), https://yandex.ru/covid19/stat?utm_source=main_title

Ссылки на электронный ресурс:

<http://www.rea.ru/ru/Pages/exspertixareu.aspx>