



**АБДЫРАИМОВА К.С., САТЫБАЕВ А.ДЖ., КАНЦЫРЕВ Б.Л.**

<sup>1</sup>КГУСТА им. Н.Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Ошский технологический университет, Ош, Кыргызская Республика

<sup>3</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

**ABDYRAIMOVA K.S., SATYBAEV A.J., KANTSYREV B.L.**

<sup>1</sup>KSUCTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic,

<sup>2</sup>Osh Technological University, Osh, Kyrgyz Republic

<sup>3</sup>Institute of Oceanology. P.P. Shirshov Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia  
kairegul\_ac@mail.ru

## **АППРОКСИМАЦИЯ ДИНАМИКИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ КЫРГЫЗСТАНА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ 2020 г. С ПОМОЩЬЮ ГЛАДКОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ**

## **APPROXIMATION OF THE DYNAMICS OF THE INCIDENCE OF THE POPULATION OF KYRGYZSTAN DURING THE 2020 PANDEMIC USING A SMOOTH LOGISTIC FUNCTION**

*Бул макалада Кыргызстандагы Covid-19 менен ооругандын спецификасы эске алынган. Кыргыз Республикасынын Саламаттыкты сактоо жана социалдык өнүктүрүү министрлиги тарабынан жарыяланган COVID-19 боюнча статистикалык маалыматтар жана инфекциянын жайылышына байланыштуу өкмөттүн чектөө чаралары боюнча маалыматтар талданат. Талдоо логистикалык S-функциясын колдонууга негизделген. Кыргызстандагы Covid-19 интенсивдүүлүгү үчүн көз карандылыктын статистикалык анализдөө ыкмасы сунушталды. Убакыттын функциясы катары оорунун жайылышынын интенсивдүүлүгүн моделдөөгө мүмкүндүк берген S-функциясын аппроксимациясы жана анын параметрлери боюнча жыйынтыктар алынды. Жыйынтыктарды талкуулоо көрсөтүлдү.*

**Өзөк сөздөр:** логистикалык S-функциясы, статистикалык анализдөө ыкмасы, моделдештирүү, Covid-19.

*В данной работе учитывается специфика картины заболеваемости Covid-19 в Кыргызстане. Анализируются данные о заболеваемости, опубликованные министерством здравоохранения и социального развития КР об ограничительных мерах правительства в связи с распространением инфекции. Анализ основан на применении логистической S- функции. Предложена методика статистического анализа зависимости для интенсивности заболеваемости Covid-19 в Кыргызстане. Получены результаты аппроксимации S- функцией и её параметры, позволяющие моделировать интенсивность заболеваемости, как функцию времени. Представлено обсуждение результатов.*

**Ключевые слова:** логистическая S- функция, методика статистического анализа, моделирование, Covid-19.

*This work takes into account the specificity of the picture of the incidence of Covid-19 in Kyrgyzstan. The data on morbidity published by the Ministry of Health and Social Development of the Kyrgyz Republic on restrictive measures of the government in connection with the spread of infection are analyzed. The analysis is based on the application of the logistic S-function. A method of statistical analysis of dependence for the intensity of the incidence of Covid-19 in the Republic of Kyrgyzstan is proposed. The results of the approximation by the S-*



*function and its parameters were obtained, which make it possible to model the intensity morbidity as a function of time. A discussion of the results is presented.*

**Key words:** logistic S-function, statistical analysis technique, modeling, Covid-19.

**Введение. Различные аспекты общей ситуации в стране, указывающие на актуальность и цель работы.** Изучение заболеваемости Covid-19 в Кыргызстане имеет специфическую картину из-за расположения КР: широта -  $40^{\circ}$ , континентальный климат степей и высокогорья, сильная неоднородность в плотности населения.

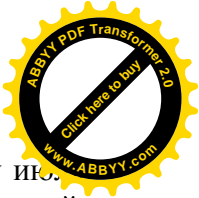
Первые случаи COVID-19 в Кыргызской Республике были обнаружены 18 марта 2020 года. 22 марта 2020 года был введен режим чрезвычайной ситуации, а в марте-мае 2020 года – режим очень жесткого карантина в Бишкеке, Оше и некоторых других регионах страны. Как и многие другие страны, Кыргызская Республика тогда ввела ограничения на границах с соседними странами и приостановила все международные и внутренние авиарейсы.

Хотя эти меры имеют прежде всего важнейшее значение для общественного здравоохранения, они оказали существенное влияние на экономическую стабильность и социальное положение страны. Более того, несмотря на их серьезность, эти меры не смогли предотвратить углубление кризиса вслед за последовавшим за этим всплеском COVID-19 и смертности. Сложившееся положение существенным образом отразилось и на трудовых отношениях: значительное количество людей осталось без работы, некоторые сохранили трудовые отношения, но потеряли часть заработной платы, кто-то вынужден был перейти на работу в удаленном режиме, а те, кто продолжили работу, получили ряд новых обязанностей в сфере охраны труда. Действительно, для предотвращения распространения короно-вирусной инфекции стали активно применяться не только новые формы организации труда /3/.

Безопасное возобновление роста экономики страны может зависеть от наличия вакцин или лекарств против COVID-19, а также от эпидемиологических тенденций и политических мер реагирования в соседних странах (учитывая тесные связи Кыргызской Республики с соседними странами, особенно через такие каналы, как торговля и перемещение мигрантов). В свете указанного оценка фокусируется прежде всего, на социально-экономических последствиях и мерах реагирования, которые отражают так называемый «новый нормальный уровень», вытекающий из условий жизни с COVID-19.

После выявления трех случаев COVID-19 в Кыргызской Республике 18 марта 2020 года, Правительство ввело режим чрезвычайной ситуации во всей стране. Затем, 25 марта 2020 года было объявлено чрезвычайное положение сроком до 15 апреля 2020 года в городах Бишкек и Ош, Ноокатском и Карасуйском районах Ошской области и Сузакском районе Джалал-Абадской области. 15 апреля 2020 года чрезвычайное положение было распространено на город Нарын и Ат-Башинский район Нарынской области. По состоянию на середину июля 2020 года уровень инфицирования COVID-19 резко возрос, что привело к перегрузке местных медицинских служб в нескольких населенных пунктах, включая крупные города.

Ситуация кардинально изменилась с 1 мая, когда началось возобновление экономической деятельности по всей стране, а 25 мая фактически все ограничения были сняты. Как только требования карантина были ослаблены, в считанные дни происходит взрывной рост заболеваемости, а в последующем и смертности. 1 июля количество лиц с COVID-19 достигло 10488, а число смертей – 310. Параллельно стало расти число пациентов, которые имели отрицательный ПЦР-тест, вследствие чего их регистрировали не как пациентов с COVID-19, а как больных «внебольничной пневмонией». 16 июля было принято решение о включении данных пациентов в общую статистику под кодом U07.2 (вероятный случай COVID-19). Система здравоохранения оказалась неготовой к приему такого количества больных: многие больные умирали, не успевая получить помощь. В результате, на 19 июля общее число зараженных достигло 26 532, а умерших – 1003;



число вновь выявленных лиц составило 1926, количество умерших -103. К концу июля принятые меры, включая развертывание временных дневных и ночных госпиталей, перепрофилирование имеющихся стационаров, экстренные закупки оборудования и лекарств, позволили несколько стабилизировать ситуацию. На 1 августа число вновь выявленных за день снизилось до 494, а умерших до 19, выявлена тенденция смещения эпидемии из столицы в сельские регионы /1/.

Отметим, что имеется и юридический аспект описанных событий, поскольку требуются новые подходы к оценкам возможностей развития средств чрезвычайного регулирования в качестве составных частей систем трудового законодательства России и Кыргызстана /2/.

Можно оценить также итоги влияния пандемии на экономическую жизнь республики. Оценка выявляет три итога для Кыргызской Республики.

**Во-первых**, она анализирует влияние макроэкономических сбоев, вызванных COVID-19, с точки зрения потерь доходов государственного сектора, притока денежных переводов, экспортных доходов и поступлений от туризма среди прочего.

**Во-вторых**, в ней описывается, как шоки на макроэкономическом уровне влияют на население страны, включая неформальные сегменты и рынки труда, и охватывают регионы, города Бишкек и Ош, сельскую местность. Оценка подчеркивает непропорционально тяжелое бремя негативных воздействий, которое несут группы населения, которые были социально и экономически уязвимыми до COVID-19, а также новые группы, которые стали уязвимыми в период COVID-19 из-за безработицы, роста цен на продукты питания и ограниченного доступа к товарам и услугам.

**В-третьих**, оценка используется для разработки аналитических записок, в которых содержатся рекомендации для усилий правительства по смягчению негативных социально-экономических последствий пандемии и поддержке экономического восстановления.

Поскольку в борьбе Covid-19 актуальны все меры исследования динамики пандемии, в данной работе предлагается применение математического подхода в виде сглаживания эмпирических данных. Качественный анализ статистических данных наблюдений позволит лучше понять закономерности хода пандемии.

Как видно из вышеизложенного, актуальность работы обусловлена не только задачами повышения эффективности вычислений, но и практическими аспектами жизни Республики.

**Цель работы.** Целью настоящей работы является статистический анализ зависимости от времени интенсивности заболеваемости Covid-19 в Кыргызской Республике.

Предложено применение S – функции для изучения и наглядного представления зависимости заболеваемости от времени.

**Методы исследования и обозначения:**

$$I(t) = \frac{\alpha(t)}{1 + \beta \cdot \exp(\gamma \cdot t)} + h$$

В параметрах аппроксимирующей функции  $\beta$  и  $\gamma$  – являются const, а  $\alpha(t)$  - переменная. В настоящей работе эта функция принята в виде:

$$\alpha(t) = \frac{a}{1 + \beta \cdot \exp(c \cdot t)} + H,$$

где  $a, b, c$  – константы.

Результаты расчетов представлены на рис.1.а, где отражена зависимость интенсивности заболевания от времени.

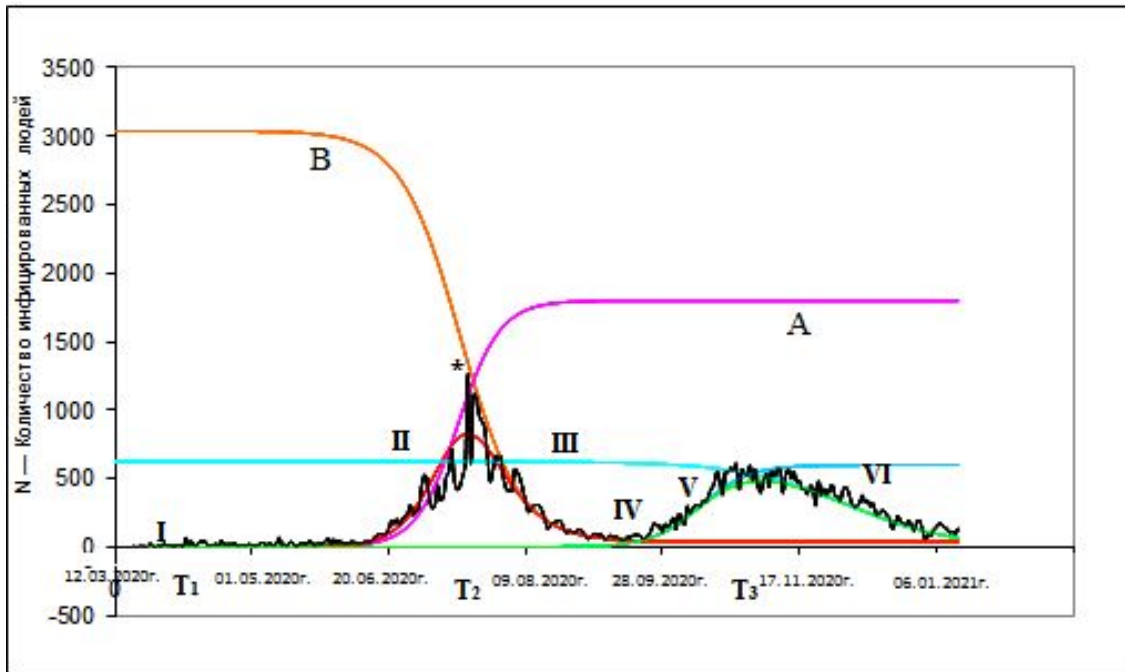


Рис.1.а. Зависимость интенсивности заболевания от времени

Для рассмотренного временного интервала за 2020 год характерны три периода:

$T_1$ - продолжительностью с 12.03.2020г. по 20.06.2020г. Для этого периода (I) характерна первоначальная проникновения на территории Кыргызстана Covid-19.

$T_2$ - продолжительностью с 20.06.2020г. по 28.09.2020г. Для этого периода характерно наличие первой, наиболее мощной волны заболевания. На участке II наблюдается резкое пульсирующее повышение заболеваемости, которое обусловлено как естественными причинами распространения болезни в обществе, так и притоком за счет миграции.

В эмпирических данных резкий рост заболеваемости (\*) вызван изменениями правил учета в медицинских учреждениях.

На III участке рис.1.а происходит снижение заболеваемости вследствие естественных причин и вследствие регуляторных мер, предпринятых государством и обществом.

Участок IV отображает возврат интенсивности заболеваемости к естественному уровню при комфортных сезонных климатических условиях.

$T_3$  - продолжительностью с 28.09.2020г. по 06.01.2021г. На участке V наблюдается начало второй волны пандемии в КР обусловленной нарушениями общественного режима самоизоляции, скоплениями больших масс людей на площадях.

На участке VI видно снижение заболеваемости, что можно объяснить наличием приобретённого ранее опыта борьбы с пандемией. Следует отметить, что  $T_1 < T_2 < T_3$  по эмпирическим данным.

Для исследования характера пульсаций заболеваемости  $t(i)$  по эмпирическим данным удобно рассмотреть среднее квадратичное уклонение от сглаживающей кривой.

$$p(t) = y(t) - I(t)$$

где,  $p(t)$  - пульсационная составляющая заболеваемости;

$I(t)$  - эмпирические данные;

$y(t)$  - сглаживающая функция.





$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Z(t)$$

$N$  – численность населения зарегистрированных в министерство здравоохранения КР.

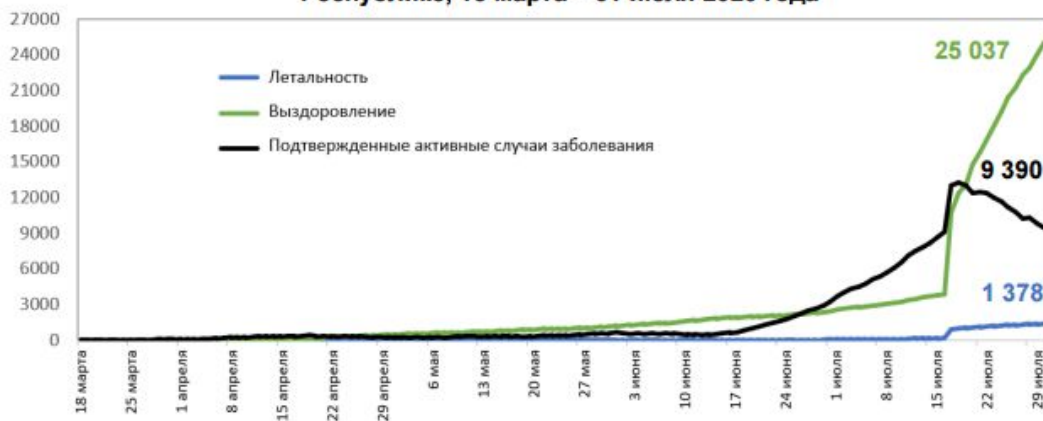
$$D = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Z(t) - M)^2$$



Рис.1.б. Разброс показателей заболеваемости относительно гладкой S-функции

Выше, на рис.1.б представлены пульсационные составляющие для первой  $P_1(t)$  и второй  $P_2(t)$  волны заболевания. Как видно из рисунка для  $P_2(t)$  пульсация снижается.

**Рисунок 2: Эпидемиологические тенденции COVID-19 в Кыргызской Республике, 18 марта – 31 июля 2020 года**



Обратите внимание на структурный разрыв 18 июля, когда Правительство Кыргызской Республики решило объединить все подтвержденные случаи заболевания, случаи выздоровления и летального исхода (i) по лабораторно подтвержденному COVID-19 и (ii) от так называемой внебольничной пневмонии без лабораторного подтверждения или с отрицательным результатом теста COVID. Источник: Правительство Кыргызской Республики, Министерство здравоохранения.

Рис.2: Эпидемиологические тенденции COVID-19 в Кыргызской Республике, 18 марта – 31 июля 2020 года

Следует отметить, что эмпирически наблюдаемая зависимость от времени может иметь разрывы, как это видно из Рис. 2 для 18 июля, когда Правительство Кыргызской Республики решило объединить все подтвержденные случаи заболевания, случаи



выздоровления и летального исхода (i) по лабораторно подтвержденному COVID-19 и от так называемой внебольничной пневмонии без лабораторного подтверждения или с отрицательным результатом теста COVID. (Источник: Правительство Кыргызской Республики, Министерство здравоохранения /4/). Таким образом, при моделировании имеются в виду достаточно большие временные масштабы.

**Заключение.** Как видно из приведённых выше графиков, представление развития заболеваемости S- функцией в целом правильно отображает процесс и полезно в данной области моделирования так же, как и в других отраслях знания. Из содержания работы следует актуальность новых подходов для оценки возможностей средств чрезвычайного регулирования /2/.

### Список литературы

1. Бримкулов Н.Н. Диагностика и лечение Covid-19 на первичном уровне здравоохранения [Текст] / Н.Н.Бримкулов, Э.Т. Астанова, Г.Ж. Бекиева, А.Н. Токторбаева // Медицина Кыргызстана (Многопрофильный научно-практический медицинский журнал). - 2020.
2. Раманкулов К.С. Проблемы трудового законодательства Кыргызстана в условиях пандемии Covid-19 (сравнительный анализ с правовыми нормами России) [Текст] / К.С.Раманкулов // Вестник Тюменского государственного университета. Социально-экономические и правовые исследования. -2020. - Том 6. - № 4 (24).
3. Трудовое право и социальное обеспечение в государствах ЕАЭС в условиях пандемии covid-19 [Текст]: опыт Беларуси, Казахстана, Кыргызстана и России // С. Ю. Головина, К. С. Раманкулов, К. Л. Томашевский, М. Х. Хасенов. - 2020.
4. COVID-19 в Кыргызской Республике: Оценка воздействия на социально-экономическую ситуацию и уязвимость и ответные меры политики [Текст]. - 2020.