
РАЗВИТИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

УДК 338.439

DOI 10.46960/2713-2633_2020_4_4

С.Н. Митяков

ВЛИЯНИЕ КОРОНАКРИЗИСА НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ

Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород

Данная работа продолжает цикл статей, посвященных распространению коронавирусной инфекции и ее влиянию на социально-экономические процессы в стране и в мире. Эта тема является едва ли не самой популярной в настоящее время в научных разработках медиков, фармакологов, психологов, историков, политологов, экономистов, математиков и др. Действительно, мир стал другим. Огромное число людей осталось без работы. Смертность растет. Идея глобализации становится все менее популярной. Люди стали более разобщенными. В данной статье приводится опыт автора в математическом моделировании эпидемий вообще и пандемии коронавируса, в частности. Если в первые недели и месяцы этой пандемии казалось, что модель дает примерный прогноз ее окончания, то затем стало ясно, что все гораздо сложнее, а прогностические возможности математического моделирования весьма незначительны. Далее рассмотрены международные сопоставления. Различные страны по-разному встретили пандемию. Это касается как возможностей медицинских систем, так и правительственных мер противодействия коронавирусу. Приведены сравнения медицинских параметров с показателями падения экономик различных стран и глубиной принятых антипандемических мер. Подробно рассмотрена ситуация в России. Показано, что наша страна достаточно успешно отреагировала на первую волну пандемии, падение ВВП за первое полугодие составило 8%, что меньше, чем в ряде других стран. Приведена динамика макроэкономических показателей страны с января по октябрь 2020 года.

Ключевые слова: модель распространения эпидемии, падение ВВП, уровень заболеваемости на душу населения, уровень смертности, индекс правительственного реагирования.

Математическая модель

Рассматривая распространение эпидемии, проведем аналогию с широко известными моделями динамики численности однородных популяций [1, 2]. Первая из них, модель Мальтуса, может быть записана в виде:

$$\frac{dN}{dt} = rN,$$

где N – численность популяции, r – темп роста численности популяции.

Решением данного уравнения является экспоненциально растущая кривая

$$N(t) = N_0 e^{r(t-t_0)},$$

где $N = N_0$ при $t = t_0$.

На рис. 1 приведена динамика роста числа заболевших коронавирусом в период с 10 по 19 января 2020 г. и линия тренда, имеющая экспоненциальную зависимость (пунктир).

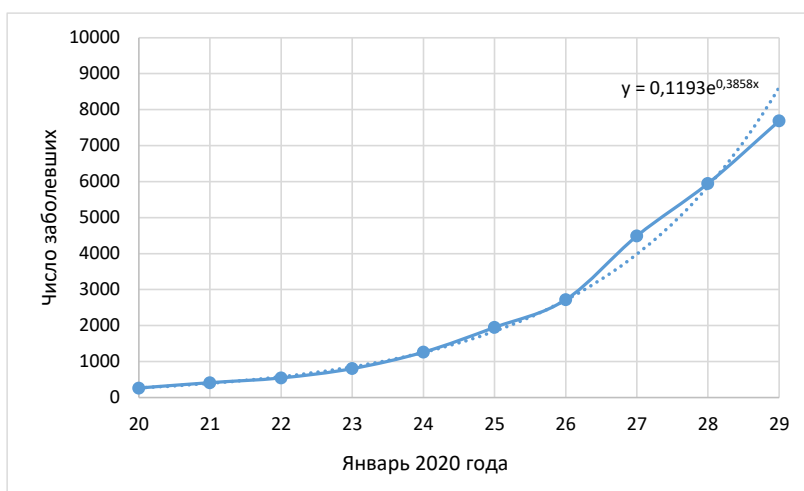


Рис. 1. Динамика распространения заболевания с 20 по 29 января 2020 г. (Источник: <https://coronavirus-monitor>)

В дальнейшем стало ясно, что экспоненциальная зависимость перестала работать. Это связано с особенностями распространения эпидемии, а также с эффективными мерами по ограничению распространения инфекции, принимаемыми в Китае. К началу февраля динамика числа заболевших коронавирусом хорошо аппроксимировалась параболической зависимостью (рис. 2).

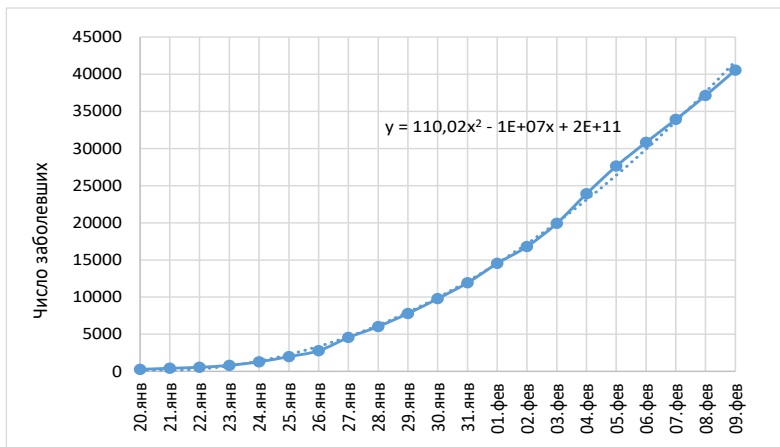


Рис. 2. Динамика распространения заболевания с 20 января по 9 февраля 2020 г. (Источник: <https://coronavirus-monitor>)

К концу февраля стало ясно, что темп роста числа заболевших в Китае стал замедляться. В то же время появился новый очаг заболеваний, который можно определить как «остальные страны». Появились три достаточно крупных очага в Италии, Иране и Корее, а также несколько менее значительных, но поскольку крупные очаги стали развиваться почти одновременно, условно будем считать их как единый очаг. Характерно, что его динамика почти полностью повторяет динамику первого китайского очага развития заболевания. К началу марта его динамика описывалась моделью Ферхюльста:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right),$$

где параметр K обозначает максимально возможную численность популяции из-за ограниченности ресурсов, необходимых для поддержания ее роста.

Таким образом, первое слагаемое в правой части уравнения описывает экспоненциальный рост популяции на начальной стадии ее развития, а второе — снижение темпов роста из-за ограниченности ресурсов. Решением уравнения Ферхюльста является широко известная «логистическая кривая»:

$$N(t) = N_0 \frac{e^{r(t-t_0)}}{1 + \frac{N_0}{K} (e^{r(t-t_0)} - 1)}.$$

Такая же кривая описывает в простейшем случае процесс диффузии инноваций, что подтверждено многочисленными экспериментальными данными. Вначале инновации, как и численность популяции, распространяются в соответствии с законом Мальтуса. Однако вскоре становится ясно,

что ресурсы инновационной деятельности ограничены, диффузия инноваций начинает описываться уравнением Ферхюльста. При этом существует некоторый технологический предел, который определяется параметром K и характеризует предельные возможности системы [3]. Кроме временной диффузии инноваций, существует и пространственная, впервые описанная Т. Хегестрандом [4]. При этом нововведение распространяется в пространстве из точки-источника инноваций посредством расширения ареала проникновения на другие территории.

Учитывая значительную универсальность логистической кривой, можно предположить, что она будет работать и для описания распространения эпидемии. Для проверки были использованы данные о распространении эпидемии другого гриппа. В середине апреля 2009 г. в Южной Калифорнии были зафиксированы два случая свиного гриппа. Уже 18 апреля Центр по контролю и профилактике заболеваний США сообщил об этом во Всемирную организацию здравоохранения, а 21 апреля – публично. Новый вирус представлял собой уникальную комбинацию генов вируса гриппа, ранее не идентифицированных ни у животных, ни у людей. Эта комбинация генов наиболее тесно связана с вирусами гриппа H1N1 североамериканского происхождения и вирусом гриппа H1N1 евразийского происхождения [5].

Вирус распространялся значительно медленнее, чем коронавирусы 2020 г. Вместе с тем по своему масштабу они весьма схожи. За почти годичный период свиным гриппом заболели около 570 тыс. чел. Примечательно, что в процессе распространения было выявлено две волны эпидемии. На рис. 3 приводятся результаты моделирования распространения первой волны, а на рис. 4 – второй волны свиного гриппа, которая оказалась более мощной и продолжительной [6].

Первые модельные расчеты для новой коронавирусной инфекции были сделаны нами 6 марта 2020 г. Результаты моделирования для первой, китайской волны, показали хорошее соответствие модельных и фактических данных. Следующий этап моделирования связан с динамическим анализом числа заболевших в других странах. В течение марта результаты корректировались, однако вскоре стало ясно, что прогностические возможности модели весьма невелики. Появлялись все новые страны, и к сентябрю 2020 г. суточный прирост заболевших в мире достиг 300 000, а к октябрю – 400 000. Эпидемия перекинулась на США, Южную Америку, Африку, Индию. К 11 декабря число заболевших в мире превысило 70 млн чел., а число погибших – 1,5 млн.

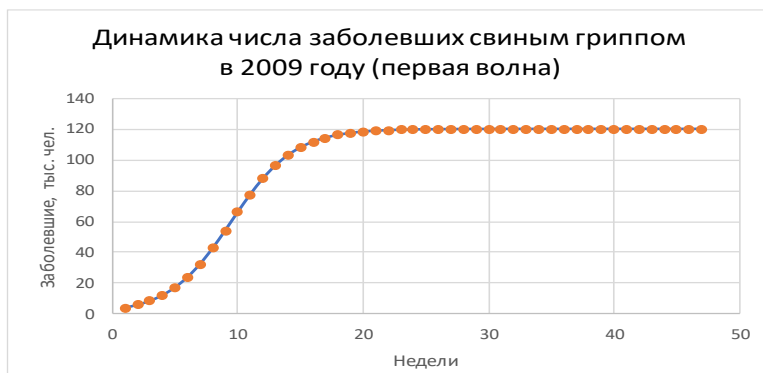


Рис. 3. Моделирование распространения свиного гриппа (первая волна)
(Источник: <https://coronavirus-monitor>)

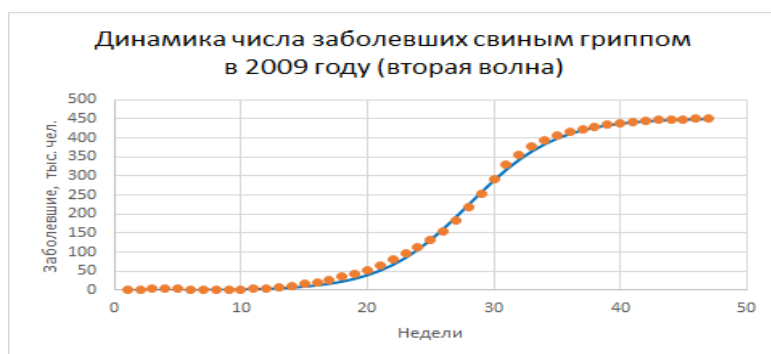


Рис. 4. Моделирование распространения свиного гриппа (вторая волна)
(Источник: <https://coronavirus-monitor>)

Сейчас трудно говорить о модели распространения инфекции. В ряде стран (Бразилия, Нигерия, Мексика, Южная Африка) отчетливо видна одна волна. При этом во многих случаях присутствует недельная сезонность, по-видимому, определяемая особенностями системы тестирования. В других странах (Южная Корея, Австралия, Япония, Израиль) отчетливо видны две волны, причем вторая часто превышает первую по интенсивности (так же было и с «Испанкой»). В Европейских странах (Испания, Италия, Великобритания, Германия) вторая волна также прослеживается. В России, Турции и США вторая волна началась еще до окончания первой. Практически все известные центры моделирования и прогнозирования перестали говорить о сроках окончания пандемии уже к июню. Сейчас это зависит от слишком многих факторов, включая скорость массового применения вакцины.

Международные сопоставления

В результате развития пандемии практически во всех странах произошли существенные изменения, связанные с поддержкой систем здравоохранения. Модели организации медицинской помощи больным коронавирусной инфекцией заметно различаются по странам.

На точечной диаграмме – аналоге матрицы БКГ (рис. 4) по оси абсцисс отложен темп роста (падения) ВВП за первую половину 2020 г., а по оси ординат – уровень заболеваемости на душу населения на конец октября. Ордината $y=-10$ и абсцисса $x=1$ разбивают плоскость на 4 квадранта. Правый верхний квадрант занимают «Звезды», где высокая заболеваемость сопровождается незначительным падением ВВП (США). В правом нижнем квадранте – «Дойные коровы», где на фоне невысокого уровне заболеваемости регистрируются невысокие темпы падения ВВП (Россия, Китай, Швеция, Южная Корея и др.). В левом верхнем квадранте – «Трудные дети», у которых высокая заболеваемость сопутствует значительному падению ВВП (Бразилия, Южная Африка, Испания, Аргентина). Наконец, в левом нижнем квадранте – «Собаки», где при низком уровне заболеваемости регистрируется значительное падение ВВП (Индия, Франция, Италия и др.)

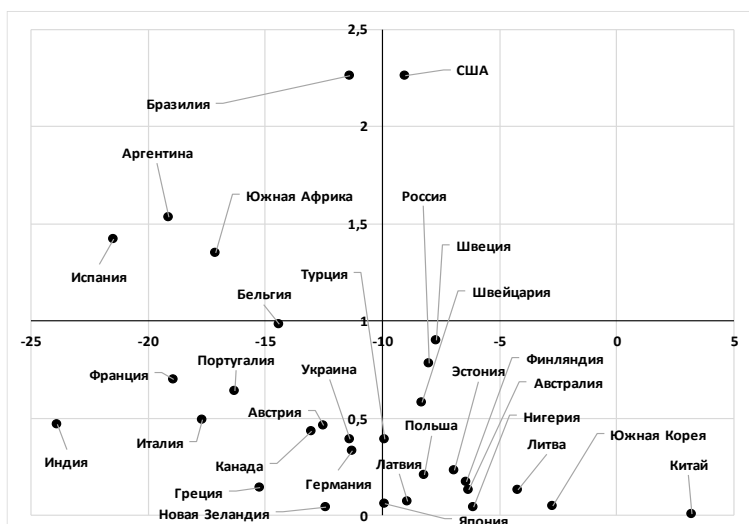


Рис. 5. Сопоставление темпов роста (падения) ВВП и уровня заболеваемости на душу населения
(Источники: <https://take-profit.org/statistics/countries>,
<https://coronavirus-monitor.info/country>)

Аналогичная матрица приведена на рис. 6, где по оси абсцисс отложен темп роста ВВП, а по оси ординат – так называемый «индекс правительственного реагирования», который рассчитывается учеными Оксфорда на основе информации о мерах, принятых правительствами для реагирования на пандемию по 18 показателям, например, закрытие школ, ограничения на поездки и др. Здесь «Звезды» расположены в правом нижнем квадранте с низкими темпами падения ВВП и высокими индексами правительственного реагирования (Россия, Китай, Швейцария, США и др.) Левый верхний квадрант занимают «Трудные дети», где высокий уровень локдауна обуславливает сильное падение ВВП (Аргентина, Индия, Бразилия и др.). В левом нижнем квадранте – «Собаки», у которых низкий уровень правительственного реагирования сопровождается значительным падением ВВП (Австрия, Новая Зеландия). Наконец, в правом нижнем квадранте – «Дойные коровы», где при низком уровне вмешательства государства регистрируется незначительное падение ВВП (Швеция, Эстония, Литва и др.)

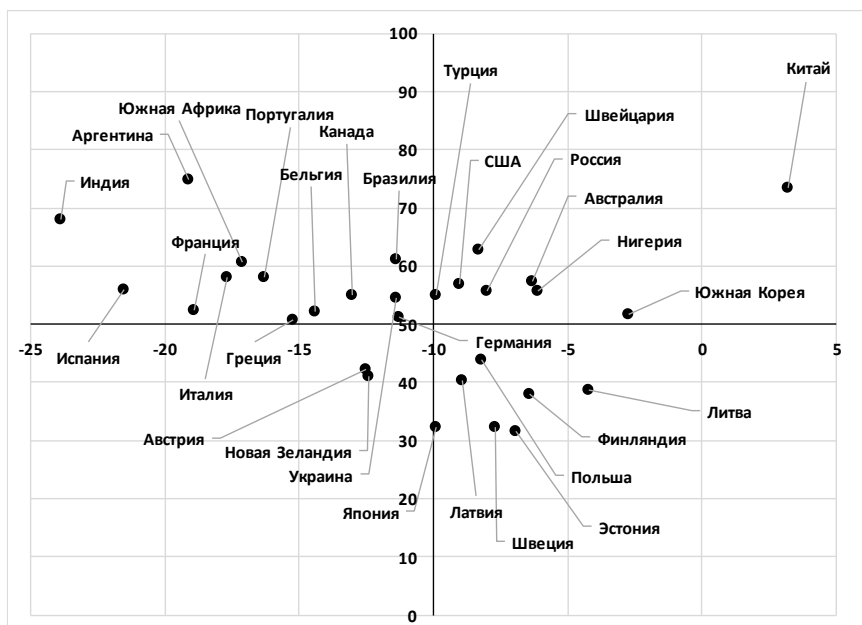


Рис. 6. Сопоставление темпов роста (падения) ВВП и индекса правительственного реагирования

(Источники: <https://take-profit.org/statistics/countries>,
<https://evercare.ru/index.php/news/v-oksforde-zapuschena-sistema-otslezhivaniya-reagirovaniya-pravitelstv-raznykh-stran-na-covid>)

На рис. 7 по оси ординат отложен индекс правительственного реагирования, а по оси абсцисс – уровень смертности на 1000 населения. Здесь «Звезды» уже в левом верхнем квадранте с высокими индексами правительственного реагирования и низким уровнем смертности (Россия, Турция, Китай и др.). Правый верхний квадрант занимают «Трудные дети», где высокий уровень смертности наблюдается на фоне значительного уровня правительственного реагирования (Бельгия, Бразилия, Франция, Испания, США). В левом нижнем квадранте – «Дойные коровы», у которых низкая смертность сопровождается незначительными запретительными мерами (Эстония, Япония, Австрия и др.) Наконец, в правом нижнем квадранте – «Собаки», где высокий уровень смертности регистрируется на фоне незначительного государственного реагирования (Швеция).

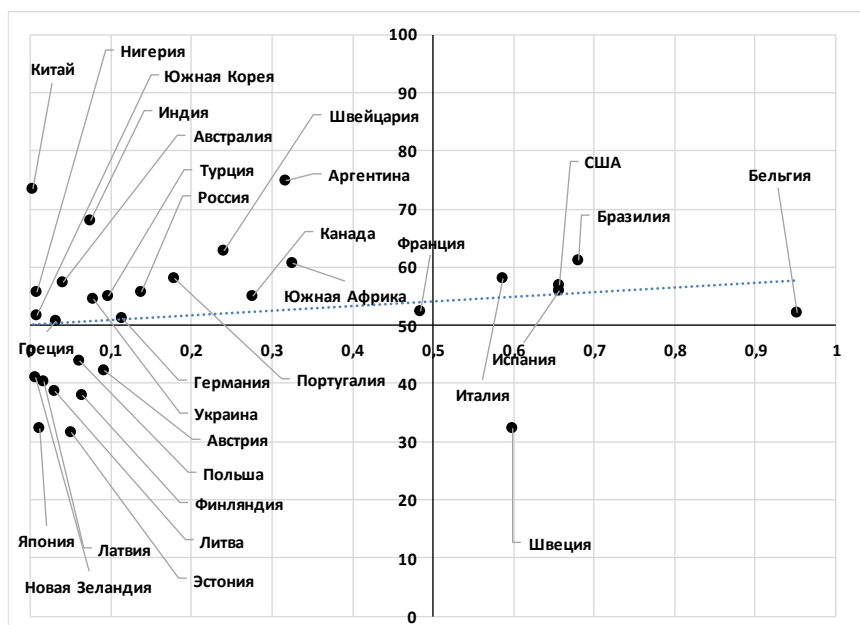


Рис. 7. Сопоставление уровня смертности от пандемии и индекса правительственного реагирования

(Источники: <https://coronavirus-monitor.info/country>,
<https://evercare.ru/index.php/news/v-oksforde-zapuschena-sistema-otslezhivaniya-reagirovaniya-pravitelstv-raznykh-stran-na-covid>)

Сравнительный анализ рис. 5-7 свидетельствует об отсутствии статистически достоверных зависимостей между такими параметрами, как за-

болеваемость, смертность, падение ВВП и уровень правительственного реагирования на пандемию. Если на рис. 5 и 6 присутствует слабая отрицательная корреляция, то на рис. 7 она вообще отсутствует, что свидетельствует о том, что модель оптимизации затрат и результатов не работает, и в каждом конкретном случае о необходим поиск баланса между потерями в экономике и в социальной сфере.

Ситуация в России

Приведенные ранее рисунки демонстрируют различные уровни падения экономик разных стран в результате коронакризиса. Наиболее пострадали экономики таких стран как Индия, Франция, Испания, Аргентина, Португалия, Греция, где темп падения ВВП составил более 15 %. В меньшей степени пострадал Китай, экономика которого продемонстрировала 4-процентный рост на фоне пандемии. В России темп снижения ВВП за первое полугодие 2020 г. составил 8 %, что существенно меньше, чем в ряде других стран. Ряд экономистов связывает это с тем, что экономика страны долгое время находилась в состоянии практически нулевого темпа роста, поэтому снижение ВВП менее заметно, чем в других странах.

Ни рис. 8 приводится динамика экономических индексов. Здесь рассмотрены так называемые «цепные» индексы, определяемые отношением показателя к его значению в соответствующий период предыдущего года. Индексы, представленные на рис. 8, измеряются 1 раз в квартал. Это индексы физического объема ВВП, инвестиций в основной капитал и реальных располагаемых денежных доходов населения. Видно, что «просевшие» в первое полугодие значения всех трех индексов, частично восстановились к началу сентября.

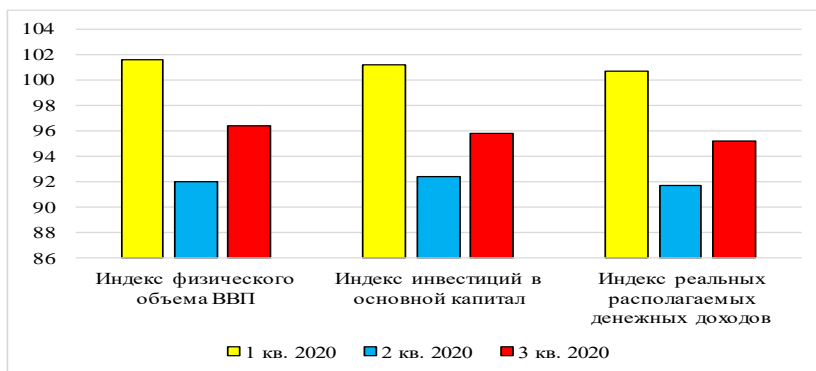


Рис. 8. Поквартальная динамика экономических индексов

(Источник: <https://rosstat.gov.ru>)

На рис. 9 приводится динамика индексов, измеряемых с дискретизацией в 1 месяц.

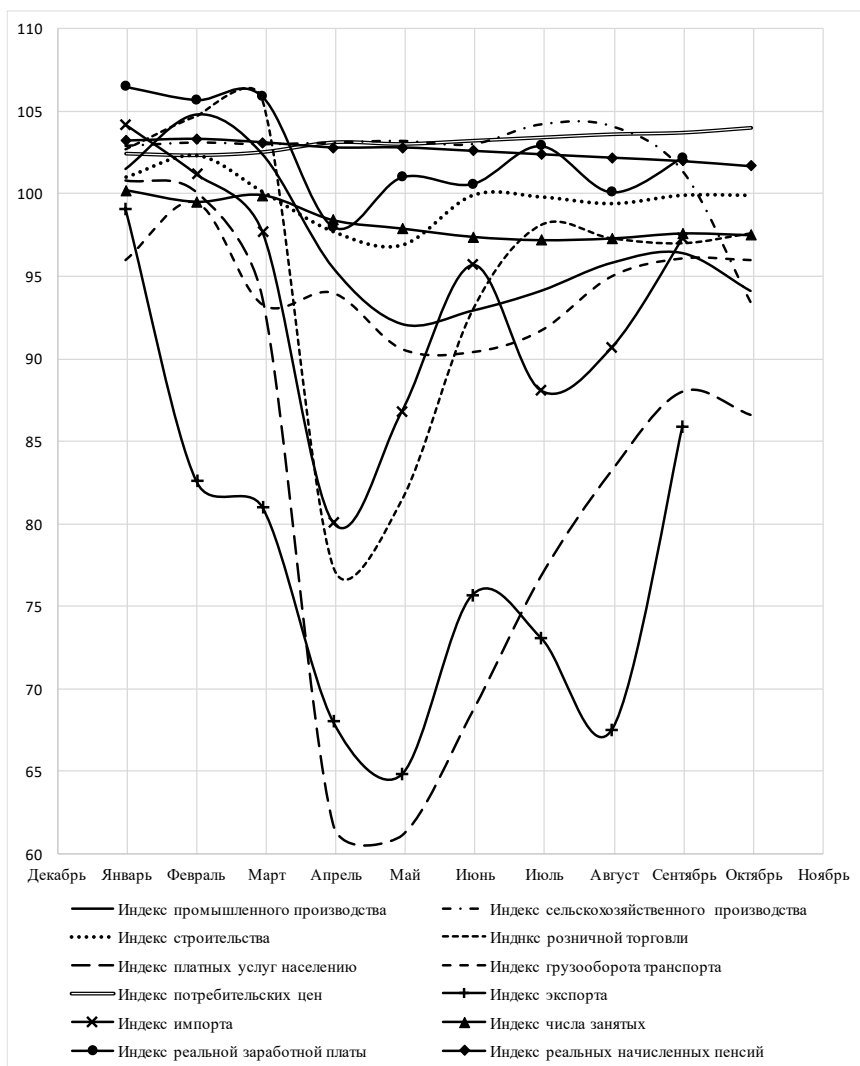


Рис. 9. Помесячная динамика экономических индексов
(Источник: <https://rosstat.gov.ru>)

Среди представленных индексов лишь индекс потребительских цен является «обратным» показателем. Он продемонстрировал наличие в октябре инфляции чуть более 4 %. Более быструю динамику продемонстрировал индекс числа занятых, обозначая довольно существенный рост безработицы. Незначительные снижения мы видим в значениях индексов заработной платы и пенсий. Еще больше упали индексы строительства, промышленного и сельскохозяйственного производства. Наибольшее падение продемонстрировали индексы розничной торговли, экспорта, импорта, и, особенно, платных услуг населению. Большинство из них к октябрю частично восстановились.

Таким образом, экономика страны, несмотря на значительные убытки, быстро начала восстанавливаться. Насколько успешно экономика России пройдет вторую волну коронакризиса, говорить пока рано.

В заключение остановимся на медицинской стороне данного кризиса, которая наиболее ярко может быть выражена динамикой смертности (рис. 10). На рисунке приведены данные о превышении уровня смертности с мая по октябрь 2020 г. по сравнению с аналогичным периодом 2019 г. Примечательно, что этот прирост в среднем лишь наполовину обусловлен COVID-19 в качестве основной либо не основной причины. Вторая половина прироста смертности вызвана причинами, не связанными с COVID-19. Это свидетельствует об ослаблении лечения плановых больных в период эпидемии.

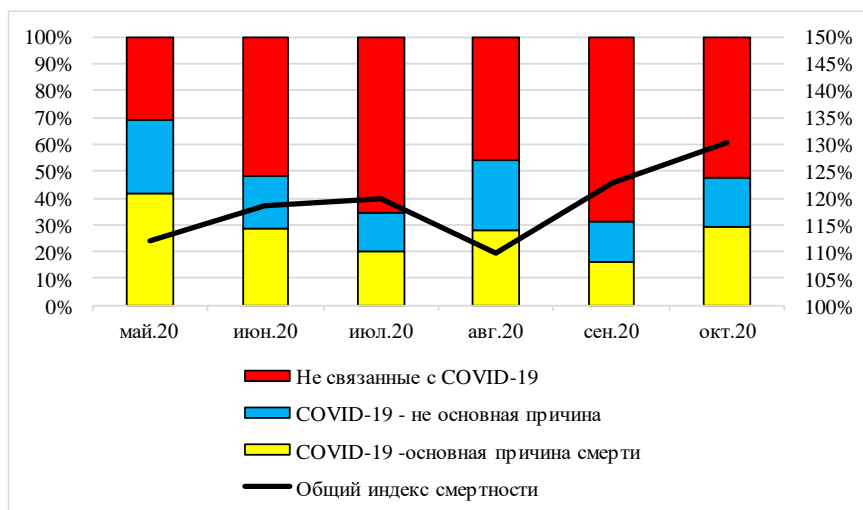


Рис. 10. Динамика показателей смертности в России

(Источник: <https://rosstat.gov.ru>)

На рис. 10 также приведена кривая общего индекса смертности (правая ось). Следует отметить значительный рост уровня смертности в среднем по стране (130,3 % в октябре 2020 г. по отношению к октябрю 2019 г.) Отметим, что этот рост крайне неравномерен по регионам России и не коррелирует с уровнем заболеваемости, что может быть связано со значительной дифференциацией уровня эффективности региональных систем здравоохранения, а также с рядом других факторов. Наименьший прирост смертности зафиксирован соответственно в Республике Алтай (-0,4 %) и Забайкальском крае (-1,6 %), наибольший – в Удмуртской Республике (59,4 %) и Липецкой области (54,9 %) [7].

© Митяков С.Н., 2020

Библиографический список

- [1] Murray J.D. *Mathematical biology. I. An introduction*. 3rd Edition. New York: Springer – Verlag, 2001. 551 p. [Русский перевод 1-го издания: Марри Дж. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях: Пер. с англ. М.: Мир, 1983. 397 с.].
- [2] Базыкин А.Д. *Нелинейная динамика взаимодействующих популяций*. М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 368 с.
- [3] Нижегородцев Р.М. Модели логистической динамики как инструмент экономического анализа и прогнозирования // *Моделирование экономической динамики*. М.: Диалог МГУ, 1997. - С. 34 - 51.
- [4] Блануша, В.И. пространственная диффузия нововведений: сфера неопределенности и сетевая модель // *Региональные исследования*, 2015. № 3(49). С. 4-12.
- [5] Свиной грипп. [Электронный ресурс]. URL: <https://tech.liga.net/technology/article/strashnee-koronavirusa-istoriya-grippa-nakryvshhego-mir-i-ukrainu-desyat-let-nazad>
- [6] Статистика развития свиного гриппа 2009. [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.ru/images/search?text=статистика+развития+свиного+гриппа+2009>.
- [7] Архив оперативных данных по ЕДН [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LmfEjEzy/edn10-2020.htm>.

S.N. Mityakov

INFLUENCE OF THE CORONACRISIS ON THE ECONOMIC SECURITY OF RUSSIA

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseeva,
Nizhny Novgorod

Abstract. This work continues a series of articles devoted to the spread of coronavirus infection and its impact on socio-economic processes in the country and in the world. Nowadays this topic is perhaps the most popular in the scientific development of

physicians, pharmacologists, psychologists, historians, political scientists, economists, mathematicians, etc. Indeed the world has changed. A huge number of people lost their jobs. Mortality is on the rise. The idea of globalization is becoming less popular. People have become more disunited. This article provides the author's experience in mathematical modeling of epidemics in general and the coronavirus pandemic in particular. If in the first weeks and months of this pandemic it seemed that the model gives an approximate forecast of its end, then it became clear that everything is much more complicated and the predictive capabilities of mathematical modeling are very insignificant. Further, international comparisons are considered. Different countries have met the pandemic differently. This applies to both the capabilities of medical systems and government measures to counter the coronavirus. The comparisons of medical parameters with indicators of economic decline in various countries and the depth of anti-pandemic measures taken are given. The situation in Russia is examined in detail. It has been shown that our country reacted quite successfully to the first wave of the pandemic, the drop in GDP for the first half of the year was 8%, which is less than in a number of other countries. The dynamics of the country's macroeconomic indicators from January to October 2020 has been received.

Key words: model of the spread of the epidemic, decline in GDP, morbidity rate per capita, mortality rate, government response index.

References

- [1] Murray, J.D. (2001). *Mathematical biology. I. An introduction. 3rd Edition*. New York: Springer - Verlag. 551 p.
- [2] Bazykin, A.D. (2003). [Nonlinear dynamics of interacting populations]. *M. - Izhevsk: Institut komp'yuternyh issledovanij* [Moscow - Izhevsk: Institute of Computer Research]. 368 p. (In Russ).
- [3] Nizhegorodtsev, R.M. (1997). [Models of logistic dynamics as a tool of economic analysis and forecasting]. *Modelirovanie jekonomicheskoy dinamiki. M.: Dialog MGU* [Modeling of economic dynamics. Moscow: Dialogue of Moscow State University]. pp. 34-51. (In Russ).
- [4] Blanusha, V.I. (2015). [Spatial diffusion of innovations: the sphere of uncertainty and the network model]. *Regional'nye issledovaniya* [Regional studies]. No. 3 (49). pp. 4-12. (In Russ).
- [5] Swine flu. [Electronic resource]. Available at: <https://tech.liga.net/technology/article/strashnee-koronavirusa-istoriya-grippa-nakryvshego-mir-i-ukrainu-desyat-let-nazad>
- [6] Statistics of the development of swine flu 2009. [Electronic resource]. Available at: <https://yandex.ru/images/search?text=statistics+development+pig+influenza+2009>.
- [7] Archive of operational data on the United Nations System [Electronic resource]. Available at: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/LmfEjEzy/edn10-2020.htm>.