

Макроэкономическое моделирование в постпандемийное время

Антон Игоревич Вотинов

E-mail: avotinov@nifi.ru, ORCID: 0000-0002-2972-8489

Научно-исследовательский финансовый институт Минфина России,
г. Москва, Российская Федерация

Юлия Александровна Польщикова

E-mail: polshchikova@nifi.ru, ORCID: 0000-0002-8864-2416

Научно-исследовательский финансовый институт Минфина России,
г. Москва, Российская Федерация;
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
г. Москва, Российская Федерация

Карен Армоевич Нерсисян

E-mail: knersisyan@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4715-8692

Институт экономики имени М. Котаняна НАН Республики Армения,
Республика Армения

Аннотация

Последние тенденции глобального мира (мировой финансовый кризис, пандемия коронавирусной инфекции, глобальная геополитическая неопределенность) сталкивают область макроэкономического моделирования с необходимостью учета кризисных явлений в моделях. В настоящей работе мы попытаемся ответить на вопросы, что изменил в области макроэкономического моделирования недавний кризис, вызванный COVID-19, и каковы последующие шоки, которые переживает мировая экономика. На основе анализа научной литературы в статье изучаются современные направления в использовании основных классов макроэкономических моделей в пандемийный и постпандемийный периоды. Сначала рассматриваются подходы к формированию прогнозов с помощью моделей в условиях кризиса — смещение акцента на наукастинг и прогнозирование на короткий временной горизонт, а также затрагивается теория математического хаоса в контексте прогнозирования при специфичных и больших шоках. Затем рассматриваются модели общего равновесия и важность учета гетерогенности различного рода, а также включение эпидемиологических тенденций в структуру таких моделей. Наконец, отмечается многосценарный подход к анализу устойчивости бюджетной сферы на основе макроэкономических моделей в условиях беспрецедентного роста долговой нагрузки многих стран в условиях кризиса.

Ключевые слова: макроэкономическое моделирование, COVID-19, коронакризис, прогнозирование, динамические и статичные модели общего равновесия, модели анализа устойчивости бюджетной сферы

JEL: E10

Для цитирования: Вотинов А. И., Польщикова Ю. А., Нерсисян К. А. Макроэкономическое моделирование в постпандемийное время // Финансовый журнал. 2025. Т. 17. № 1. С. 62–73.
<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2025-1-62-73>.

© Вотинов А. И., Польщикова Ю. А., Нерсисян К. А., 2025

<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2025-1-62-73>

Macroeconomic Modeling in Post-pandemic Times

Anton I. Votinov¹, Julia A. Polshchikova^{2,3}, Karen A. Nersisyan⁴

^{1,2} Financial Research Institute, Moscow, Russian Federation

³ HSE University, Moscow, Russian Federation

⁴ Institute of Economics after M. Kotanyan of NAS RA, Yerevan, Republic of Armenia

¹ avotinov@nifi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2972-8489>

^{2,3} polshchikova@nifi.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8864-2416>

⁴ knersisyan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4715-8692>

Abstract

Recent trends in the global world (the financial and coronavirus crises, global geopolitical uncertainty, etc.) put macroeconomic modeling in front of the need to consider crisis phenomena in models. In this paper we try to answer the question of what has changed in macroeconomic modeling due to the coronavirus crisis and other shocks that the global economy has faced recently. Based on the literature review, the current directions in the implementation of the main classes of macroeconomic models in the pandemic and post-pandemic periods are examined. First, approaches to forecasting in crisis conditions are analyzed. Then the emphasis is shifted to nowcasting and projections for short periods of time. Mathematical chaos theory is also considered in the context of forecasting under specific and large shocks. We also discuss general equilibrium models and the relevance of incorporating heterogeneity and epidemiologic concepts into the structure of such models. Finally, we point out to a multiscenario approach to analyzing fiscal sustainability through models in the context of the unprecedented increase of government burdens faced by many countries during crisis.

Keywords: macroeconomic modeling, coronavirus crisis, COVID-19, forecasting, projections, dynamic and static general equilibrium models, public debt sustainability analysis

JEL: E10

For citation: Votinov A.I., Polshchikova Ju.A., Nersisyan K.A. (2025). Macroeconomic Modeling in Post-pandemic Times. *Financial Journal*, 17 (1), 62–73 (in Russ.).
<https://doi.org/10.31107/2075-1990-2025-1-62-73>.

© Votinov A.I., Polshchikova Ju.A., Nersisyan K.A., 2025

ВВЕДЕНИЕ

Высказывание «любой кризис — это новые возможности» проявляет свой смысл во многих сферах человеческой жизни. Так и для макроэкономического моделирования можно подметить, что каждый кризис способствует новому витку развития модельного аппарата. Например, финансовый кризис 2008 г. показал, как важно учитывать финансовые показатели развития экономики при построении моделей. В целом последние тенденции глобального мира влияют на область макроэкономического моделирования, которая сталкивается с необходимостью учета в моделях кризисных явлений. В настоящей работе мы попытаемся ответить на вопрос, что изменил в сфере макроэкономического моделирования недавний кризис, вызванный коронавирусной инфекцией, а также рассмотрим последующие шоки, с которыми столкнулась мировая экономика.

Важно понимать, что любая модель — это сильно упрощенное описание реального мира. На результаты применения модели влияет то, какие предпосылки закладывает в нее исследователь. При этом необходимо, чтобы модель была способна ответить на актуальные вопросы, которые диктует время, в связи с чем макроэкономический модельный аппарат претерпевает изменения с течением времени и постоянно совершенствуется, чтобы соответствовать запросам современного мира.

Многие современные макроэкономические модели строятся с учетом критики Лукаса, которая породила новый взгляд на использование моделей в анализе экономической политики. Лукас первым смог показать, что параметры эмпирических моделей могут меняться в силу изменения поведения экономических агентов, которые подстраиваются под новые условия, включая политику государства. В итоге появился новый пул моделей, построенных на основе микроэкономических обоснований, то есть с помощью более структурных, не подверженных таким изменениям параметров (*deep parameters*).

Кризис, вызванный коронавирусной инфекцией, и последовавший за ним постпандемийный период, а также новые мировые шоки продиктовали новые вызовы, с которыми столкнулись макроэкономисты при решении разного рода задач. Во-первых, это беспрецедентность явления — природа предыдущих кризисов явно сильно отличалась от природы кризиса, вызванного COVID-19. Это в свою очередь может ставить под сомнение предпосылку об неизменности структурных параметров микрообоснованных макроэкономических моделей. Во-вторых, стремительно меняющиеся условия, в которых функционирует экономика, осложняют закладывание в модель базовых предположений о ближайшем развитии экономики и требуют обширного сценарного анализа.

В настоящей работе предлагается рассмотреть современные тенденции в использовании основных классов макроэкономических моделей в пандемийный и постпандемийный периоды: понять, как модифицируется структура моделей и в какую сторону меняется подход к применению моделей для решения прогнозных и сценарных задач. Для этого путем анализа литературы проводится обзор современных подходов к моделированию. Сначала изучаются подходы к формированию прогнозов с помощью моделей в условиях кризиса, в том числе смещение акцента на наукастинг и прогнозирование на короткий временной горизонт. Затрагивается теория математического хаоса в контексте прогнозирования при специфичных и больших шоках. Затем рассматриваются модели общего равновесия и важность учета гетерогенности различного рода, а также включение эпидемиологических тенденций в структуру таких моделей. Наконец, отмечается многосценарный подход к анализу устойчивости бюджетной сферы с помощью макроэкономических моделей в условиях беспрецедентного роста долговой нагрузки многих стран в условиях кризиса.

МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В рамках задачи прогнозирования макроэкономические модели столкнулись со сложностью, вызванной беспрецедентностью кризиса. Особенность пандемии COVID-19 заключалась в том, что ее можно отнести к очень редкому событию, которое встречается раз в столетие. Это затрудняет процесс «learning from the past», то есть изучение прошлых взаимосвязей между переменными для экстраполяции на будущее, который лежит в основе многих прогнозных моделей, к ним относятся и модели временных рядов. Процесс, соответственно, осложняется еще и тем, что редкость возникновения подобных кризисов ведет к отсутствию данных, на которые можно было бы опираться при построении и обучении прогнозных моделей. Это заставляет взглянуть на построение прогнозных моделей и на сами прогнозы под другим углом.

По мере роста запроса на решение задач прогнозирования в условиях кризиса увеличивается и количество исследований, предлагающих свой взгляд на преодоление возникших сложностей. Рассмотрим некоторые из них. В работе [Но, 2023] автор выделяет в существующей литературе два подхода к учету дополнительной информации в эконометрических моделях в условиях пандемии. Первый относится к необходимости обратиться к экономической теории и дать исследователю больше возможностей использовать априорную (внешнюю по отношению к модели) информацию. Это можно сделать на основе экономической теории или субъективных оценок экономиста. В данном контексте ключевую роль играют предположения, на основе которых строятся прогнозы в рамках модели.

В связи с этим автор подчеркивает важность предположений при представлении прогнозов. Становятся куда важнее не сами прогнозы, а понимание, в контексте каких предположений они строились. К тому же в статье предлагается строить предположения, по возможности оперируя вероятностями их наступления. Например, если исследователь верит в то, что опыт предыдущих кризисов релевантен для пандемийного периода, то можно говорить скорее о «вероятно близких» оценках параметров модели, сделанных на основе предыдущего опыта, нежели о полной уверенности в аналогичном развитии событий в будущем и экстраполяции оценок на последующий период. Когда степень несогласия относительно будущего экономики между экономистами и людьми, определяющими направление политики, высока, предположения модели — это ключ к пониманию того, как работает сама модель. При этом даже при несогласии с заданными предпосылками можно извлечь полезную информацию из модели и ее прогнозов.

Второй источник дополнительной информации, о которой говорится в [Но, 2023], — это новые оперативные базы данных, отражающих показатели протекания пандемии. Более того, быстро распространявшийся коронакризис и постоянно меняющиеся условия мировой экономики сформировали запрос у фискальных и монетарных властей на мониторинг экономической деятельности в более короткие промежутки времени по сравнению с квартальной и тем более годовой статистикой. Однако использование дополнительных данных возвращает к вопросу о предположениях, закладываемых в модель. Теперь исследователю также необходимо понимать взаимосвязь новой информации с рассматриваемыми раньше показателями для корректного определения спецификации модели.

Приведем примеры работ, в которых проведена попытка учесть особенности влияния коронакризиса на спецификацию модели для построения прогнозов с помощью авторегрессионных моделей. В [Lenza, Primiceri, 2020] предлагается добавить переменную, которая определяла бы степень колебания шока с течением времени. Идея включения в модель меняющейся во времени волатильности не нова, она отражается в более ранних работах [Engle, 1982; Jacquier, Polson, Rossi, 2004; Stock, Watson, 2016]. При этом, как показано в [Lenza, Primiceri, 2020], приложение этого подхода к пандемийному периоду приводит к более обоснованным прогнозам по сравнению с прогнозами, сделанными с помощью стандартной формы VAR на данных, включая начало пандемии, но без учета волатильности шока. В [Carriero et al., 2022] также говорится о значимости включения меняющейся во времени волатильности ошибок для прогнозов. В работе [Granados, Parra-Amado, 2024] сделана попытка оценить разрыв выпуска с помощью байесовской SVAR-модели, улучшенной путем масштабирования остатков в пандемийный период.

В статье [Primiceri, Tambalotti, 2020] предлагается рассматривать шок COVID-19 как отличный от предыдущих шоков. Для этого в модель вводится дополнительная ненаблюдаемая переменная, характеризующая шок. Она принимает нулевое значение до марта 2020 г.

Стоит отметить, что в данных работах делается достаточно строгое предположение о сохранении ранее наблюдаемых зависимостей между переменными. Это означает, что оценки параметров моделей, полученные при использовании допандемийных данных, сохраняются, поднимая вопрос о валидности самой модели и ее согласованности с критикой Лукаса. Такой подход, однако, может быть достаточно спорным, учитывая беспрецедентность кризиса и мер по его преодолению, ведущих к изменению структуры экономики. В этом ключе кажется разумным рассматривать VAR-модели с меняющимися во времени параметрами (TVP-VAR).

Включение данных с более высокой частотой — альтернативный способ добиться успеха в улучшении прогнозных свойств моделей. В ряде работ рассматриваются модели со смешанной частотой данных (*mixed-frequency (MF) models*), что позволяет учитывать дополнительную информацию и извлекать из нее пользу в условиях кризисного периода.

В основном такие модели ориентируются на прогнозы на ближайшее будущее (наукастинг). В статье [Schorfheide, Song, 2015] авторы используют квартальные данные одних макроэкономических показателей наравне с месячными данными других и с помощью VAR-модели со смешанной частотой демонстрируют построение оперативных прогнозов (*real-time forecasting*). На основе похожей модели в [Koop et al., 2021] анализируется влияние различных форм меняющейся во времени волатильности на наукастинг ВВП. Авторы говорят о том, что такая волатильность не слишком сказывается на точечных прогнозах, но увеличивает допустимый интервал ошибки. Помимо использования временных рядов, некоторые исследования обращаются к панельным данным. Так, в [Aaronsen et al., 2020; Larson, Sinclair, 2022] на данных США оценивались модели для наукастинга пособий по безработице в кризисный период.

В контексте обсуждения задачи прогнозирования с помощью макроэкономических моделей интерес представляет вопрос о применении математической теории хаоса в экономике. Данная теория изучает процессы непредсказуемого поведения системы, вызванные некоторыми изменениями первоначальных условий, на которые может повлиять окружающая среда. Так и в задаче прогнозирования: иногда шоки настолько специфичны и сильны, что экономическая система переходит в так называемое хаотическое состояние, при котором невозможно прогнозировать вовсе.

Изначально теория хаоса развивалась в области физики и математики, но в последнее время расширяет сферу своего применения и на экономику (обзор работ на эту тему можно найти в [Лаврикова и др., 2023]). Это стало возможным преимущественно за счет развития экономического аппарата в сторону сложных нелинейных систем. Философию теории хаоса нельзя считать оторванной от реальности в ситуации воздействия на экономику ряда экзогенных факторов, связанных с эпидемиологическими, политическими, природными и другими потрясениями. Любой такой шок выводит экономику из равновесия и затрудняет прогнозирование. В [Baumol, Benhabib, 1989] обсуждаются преимущества использования теории хаоса для анализа экономики. С. Ачикалин и С. Эрчетин в [Açikalin, Erçetin, 2022] говорят о широком потенциале данной теории при анализе глобальных шоков. Несмотря на то, что применение теории хаоса на настоящий момент не является мейнстримом в экономической науке, в научной литературе можно найти много работ по изучению хаотического поведения как в микроэкономике (поведение фирм и потребителей, динамика цен), так и в макроэкономической области (экономическая динамика, исследование безработицы и инфляции). Все большее внимание этой теории уделяется при анализе экономики в условиях сильных шоков, таких как кризис 1997–1998 гг. и финансовый кризис 2008 г.; к ним можно отнести и кризис, вызванный коронавирусной инфекцией.

С точки зрения прикладного аспекта прогнозирования беспрецедентность кризиса и вытекающие из этого сложности разработки релевантных моделей заставляют пересматривать концепцию подхода к построению политики, основанной на прогнозах. Например, в работе [Archer et al., 2022] монетарным властям предлагается уходить от концепции проведения политики на основании базового, наиболее вероятного, сценария и переходить к подходу «риск-менеджмента», где ключевую роль играет оценка всевозможных рисков при реализации различных вариантов развития экономики. Такое переосмысление подхода к выбору будущей политики позволяет более комплексно подходить к оценке экономической реальности и соответствующим образом проводить политику в условиях большой неопределенности. В качестве аналитического инструмента для сценарно-прогнозного анализа авторы предлагают подход, где в качестве основной выступает полуструктурная модель, которая при этом дополняется рядом других сателлитных моделей, преимущественно моделями смешанной частоты. Прогнозы с помощью предлагаемого подхода строятся в рамках сценарного анализа и оценки сопряженных с разными сценариями рисков.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ

Модели общего равновесия помогают отвечать на вопросы широкого спектра: как прогнозирования, преимущественно на средне- и долгосрочном горизонтах, так и сценарного анализа развития экономики. Кризис, вызванный COVID-19, отразился и на развитии данного класса моделей. Во-первых, он показал важность учета в структуре моделей гетерогенности различного типа: как секторальной разнообразности, так и отличий между домашними хозяйствами. Гетерогенность производственного сектора становится необходимой при учете неоднородного влияния кризиса на разные секторы экономики. Например, политика локдауна в значительной степени повлияла на фирмы, где для производственного процесса необходимо физическое присутствие человека, в то время как на деятельность, где есть возможность без особых издержек перенести процесс в онлайн, такая политика оказала меньшее влияние.

Для обоснования необходимости учета в структуре модели гетерогенности домашних хозяйств есть несколько весомых аргументов. Во-первых, степень влияния шока COVID-19 различалась для людей разных профессий, что зависит от многих факторов: от занятости в более подверженной шоку отрасли до возможности сберечь и сглаживать свое поведение с течением времени. Во-вторых, с точки зрения государственной поддержки важно понимать, какие слои населения менее защищены и каким в первую очередь требуется помощь в кризисной ситуации. С моделями, в которых учтена та или иная форма гетерогенности, можно ознакомиться в работах [Ravenna, Walsh, 2022; Woodford, 2022; Baqaee, Farhi, 2022; Cox et al., 2024].

Принципиально новым подходом в DSGE-литературе стала разработка динамических моделей с включением математического аппарата моделирования инфекционных заболеваний (*Susceptible-Infections-Recovered* — *SIR*, или *Восприимчивый-Инфекционный-Выздоровевший*). *SIR*-модель позаимствована из области математической биологии [Kermack, McKendrick, 1927]. Включение подобного математического аппарата позволяет учесть особенность экономики, в которой идет активное распространение инфекционного заболевания. С помощью таких *SIR*-моделей исследуются оптимальные варианты политики локдауна. Например, в работах [Alvarez et al., 2021; Eichenbaum et al., 2021; Engler et al., 2020] обсуждаются варианты политики в условиях пандемии и локдауна, которые влияют на предложение труда, совокупный спрос и темпы восстановления экономики. В статье [Chan, 2022] строится *SIR*-DSGE-модель и делается предположение, что степень распространения вируса влияет как на сторону спроса, так и на сторону предложения. Аналогично в [Faria-e-Castro, 2021] предполагается, что пандемия уменьшает предельную склонность домохозяйств к потреблению. Предложение в условиях пандемии может столкнуться с негативными последствиями из-за нарушения цепочек поставок и ограничения передвижения между странами. В модели это задается через сокращение уровня общей факторной производительности. Помимо оценки макроэкономических последствий коронавирусного шока, автор также поднимает вопрос выбора оптимальной денежно-кредитной политики.

В отношении использования данного класса моделей в условиях коронакризиса можно выделить одну общую особенность. Экономисты достигли некоторого консенсуса по тому, что данный кризис является комбинацией одновременно нескольких шоков со стороны спроса и предложения. Неопределенность и падение доходов приводят к сокращению домохозяйствами расходов на потребление, в то время как повсеместные локдауны и ограниченность человеческих контактов негативно сказываются и на производственной стороне: возникают сложности с организацией рабочего процесса и логистикой. В работе МВФ [Bulir et al., 2021] в рамках оценки среднесрочных и долгосрочных эффектов от пандемии для Колумбии разработана DSGE-модель малой экспортирующей нефть экономики с различными формами реальных и номинальных жесткостей. Для моделирования шока

COVID-19 авторы использовали комбинацию различных структурных шоков. Помимо рассмотрения сокращения производительности труда и шока, ведущего к падению совокупного потребления, авторы дополняют анализ включением внешних шоков (падения цены на нефть и низких процентных ставок) и фискальных стимулов, выраженных в росте государственных расходов. С помощью комбинаций из таких шоков авторы воспроизводят в рамках модели условия коронакризиса.

В статье [García et al., 2023] международные вторичные эффекты от шока COVID-19 в рамках DSGE-модели открытой экономики еврозоны (*Euro Area and Global Economy – EAGLE model* [Gomes et al., 2012]) оцениваются как комбинация следующих структурных шоков: негативный шок предпочтений домашних хозяйств; шок снижения параметра, отвечающего за привычки в потреблении; шок уменьшения эффективности трансформации инвестиций в капитал; рост издержек на производство товаров; сокращение в потребительской корзине неторгуемых товаров (к которым относятся преимущественно товары сектора услуг). Такой выбор подтверждается авторами рядом стилизованных фактов динамики основных макроэкономических переменных в начале пандемии. Негативный шок предпочтений домохозяйств выражается в увеличении значимости будущего потребления по сравнению с настоящим. Авторы тем самым отчасти моделируют возросшую долю неопределенности относительно будущего, что выражается в переориентации агентов с потребления на накопление. Временное сокращение параметра привычек в потреблении, который фигурирует в функции полезности домашних хозяйств, обусловлено необходимостью отразить в модели наблюдаемое в начале пандемии резкое сокращение потребления, не свойственное для докризисных периодов. Негативный технологический шок инвестиций воспринимается авторами как прокси финансовых эффектов на экономику, которые замедляют эффективность трансформации потоков инвестиций в рынок капитала. Шок со стороны предложения относительно роста издержек на производство товаров помогает отразить наблюдаемую в данных динамику инфляции и выпуска торгуемых и неторгуемых товаров. Наконец, последний шок позволяет замоделировать меньшее сокращение выпуска торгуемых товаров (которые могут быть импортированы) по сравнению с товарами из неторгуемого сектора (который состоит преимущественно из сектора услуг), что также следует из данных. Подобный подход к моделированию ситуации шока COVID-19 как комбинации одновременно нескольких структурных шоков в рамках DSGE-модели отражен также в [Bartocci, Notarpietro, Pisani, 2021; Ferroni et al., 2022].

Однако стоит отметить, что в DSGE-литературе можно найти и работы, которые рассматривают шок COVID-19 как тот или иной структурный шок, без комбинации из нескольких. Например, в [Faria-e-Castro, 2021] пандемия моделируется как сильный негативный шок спроса, а именно через шок на переменную потребления в функции полезности домашнего хозяйства. Политика локдауна в условиях пандемии в работе [Guerrieri et al., 2022] моделируется через негативный и продолжительный шок предложения рабочей силы. В исследовании [Baqae, Farhi, 2022] в рамках многосекторной модели изучается влияние негативного шока предложения и шоков на структуру конечного спроса.

В контексте рассуждения на тему, каким образом и какие именно шоки учитывать в моделях общего равновесия при анализе шока пандемии, стоит поднять вопрос о размере самого шока. По структуре DSGE-модели представляют собой нелинейные модели. Однако в процессе решения уравнений модели происходит аппроксимация первого порядка основных уравнений вокруг равновесного состояния, что делает возможным оценить только эффекты первого порядка. В этом случае предполагается рассматривать шоки небольшого размера, не приводящие к отклонению модели от своего долгосрочного равновесия. Относительно шока COVID-19 логично предположить, что уровень данного шока значительно выше предыдущих шоков, с которыми сталкивалась мировая экономика

в последнее время. И тогда встает вопрос о корректности моделирования ситуации коронакризиса в рамках моделей данного класса. В литературе предлагается рассмотреть альтернативный подход к решению модели общего равновесия с номинальными и реальными жесткостями с сохранением нелинейности, что делает возможным оценить модель с шоками большой размерности (*disaster shocks*). Например, такой подход отражен в работе [Corrado et al., 2021].

СТАТИЧНЫЕ МОДЕЛИ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ

Преимущество моделей данного класса заключается в их способности рассматривать экономику как совокупность переплетенных цепочек поставок, опираясь на статистические данные (таблицы «затраты — выпуск» или input-output tables). В связи с этим такие модели активно применяются в области изучения экономики торговли. Они используются для оценки эффектов от изменений различных внешних условий как в рамках одной экономики, так и при анализе межстрановых эффектов. Однако преимущественно такие модели являются статичными, что не позволяет оценить изменение макроэкономических переменных во времени, в отличие от динамических моделей общего равновесия. Тем не менее богатая секторальная структура CGE-моделей и развитая статистическая база для калибровки их параметров дает возможность оценить эффекты различных сценариев развития торговли между странами и регионами, что представляется важным в постоянно меняющихся условиях.

Стоит отметить, что в истории CGE-моделирования уже наблюдались ситуации, когда такие модели использовались для анализа экономических последствий пандемии. Например, в работах [Dixon et al., 2010; Prager et al., 2017] изучались эффекты от пандемии гриппа. При анализе эффектов от пандемии, вызванной коронавирусной инфекцией, CGE-модели также активно использовались. Обзор таких работ можно найти, например, в [Arriola, Kowalski, van Tongeren, 2022]. Однако при использовании CGE-моделей в пандемийный и постпандемийный периоды ключевым моментом становится наличие данных для калибровки параметров модели. Во-первых, выход необходимой статистики в виде таблиц «затраты — выпуск» происходит, как правило, с некоторым запозданием. И для того, чтобы оценить эффекты с помощью модели для экономики сегодняшнего дня, необходимо откалибровать параметры модели на данных текущего года, что крайне сложно сделать в незавершенном году и даже в начале следующего года. Во-вторых, использовать данные пандемийного периода (2020–2022 гг.) кажется нерелевантным из-за того, что экономики многих стран находились в фазе резкого спада экономической активности, который отразился и в статистике. При этом в настоящее время влияние шока COVID-19 уже ослабло, и оценку параметров CGE-моделей на данных предыдущих нескольких лет сложно обосновать. К тому же обращение к данным доковидного периода, например 2019 г., тоже кажется не лучшим решением не только из-за устаревшей статистики. Кризис скорее всего качественно повлиял на структуру экономики в постпандемийный период, что может быть отражено в актуальной межотраслевой статистике. Таким образом, основной особенностью использования моделей подобного класса для анализа развития экономики, характерной для постковидного периода, является необходимость в актуальных данных и пересмотре параметров модели с их учетом.

МОДЕЛИ АНАЛИЗА УСТОЙЧИВОСТИ БЮДЖЕТНОЙ СФЕРЫ

Для кризиса, вызванного пандемией коронавируса и последующими геополитическими шоками, характерны активные действия правительства многих стран, направленные на поддержку населения. При этом любые фискальные стимулы требуют финансирования.

Из данных¹ видно, что за последние пять лет долг многих развитых стран существенно возрос на фоне и без того высоких допандемийных показателей. Государственный долг США вырос с 106% ВВП в конце 2019 г. до рекордных 133% ВВП к концу второго квартала 2020 г. К третьему кварталу 2024 г. этот показатель немного снизился и составил 121%, но все равно остается крайне высоким. В Италии рост долга сектора государственного управления в первый год пандемии составил примерно 15% (со 134% ВВП в 2019 г. до 155% ВВП в 2020 г.). К концу 2024 г. государственный долг вышел на уровень около 136% ВВП. Похожие тенденции наблюдаются и для таких стран, как Испания, Франция, Китай, Япония, Канада, и ряда других. Дополнительные государственные расходы и замедление инфляции и экономического роста в условиях кризиса ведут к существенному росту отношения долга к номинальному ВВП. Это делает вопрос устойчивости бюджетной сферы крайне важным. В работе [Bernardo et al., 2024] данная проблема рассматривается с акцентом на различия между развитыми и развивающимися странами. С помощью моделей панельной регрессии проводится анализ глобальных тенденций в изменении динамики государственного долга в постпандемийное время, делается вывод, что пандемия усилила растущий экономический разрыв между двумя группами стран.

Использование моделей анализа бюджетной сферы, рассмотренных в статье, позволяет построить и проанализировать разные сценарии развития экономики с точки зрения долговой устойчивости. К примеру, такая тема поднимается в [Della Posta et al., 2022]. Всемирный банк совместно с МВФ разрабатывает документы об анализе долговой устойчивости для некоторой выборки стран. Большинство таких документов было опубликовано в 2021–2022 гг. с учетом появившихся в связи с COVID-19 рисков. Более того, анализ устойчивости бюджетной сферы важен для принятия конкретных решений правительства относительно расходов бюджета. Например, в работе Азиатского банка развития² проводится комплексный анализ для поддержки программы вакцинации населения Бутана, куда включается также раздел с изучением долговой устойчивости бюджета этой страны.

Говоря об особенностях использования моделей данного класса в пандемийный период, стоит отметить их ориентированность на многосторонний сценарный анализ, учитывающий высокую долю неопределенности, а также основные тенденции, определяющие динамику государственного долга (спад экономического роста и рост государственных расходов). Для постпандемийного периода, который характеризуется затухающей фазой распространения шока, можно выделить ориентацию на новые, более высокие значения для уровня долга, закладываемые в модель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье обсуждается опыт использования аппарата макроэкономического моделирования в условиях кризиса, вызванного коронавирусной инфекцией, и некоторые особенности применения моделей, которые сохранились в постпандемийный период. В табл. 1 обобщена информация по проведенному анализу научной литературы в разбивке по основным классам макроэкономических моделей. Были рассмотрены основные вызовы, с которыми столкнулись макроэкономисты при решении задач прогнозирования и сценарного анализа развития экономики в турбулентное время. Во-первых, это большая доля неопределенности относительно будущего. Во-вторых, ограниченность данных,

¹ Данные об отношении долга к ВВП взяты из статистического источника ФРС США (*Federal debt: Total public debt as percent of gross domestic product (GFDEGDQ188S)*). Federal Reserve Bank of St. Louis, 2024. URL: <https://fred.stlouisfed.org/series/GFDEGDQ188S>.

² *Bhutan: Responsive COVID-19 Vaccines for Recovery Project under the Asia Pacific Vaccine Access Facility*. Asian Development Bank (ADB), 2024. URL: <https://www.adb.org/projects/documents/bhu-55083-001-rrp>.

релевантных для похожего кризисного периода, что создает проблему валидности самой модели при использовании оценок ее параметров, полученных с помощью докризисных данных.

Таблица 1

Основные уроки кризисов последних лет для макроэкономического моделирования

Класс моделей	Особенности развития в постпандемийное время	Ссылки на источники
Модели прогнозирования	<ul style="list-style-type: none"> — активное использование априорной информации и экспертного мнения, сценарный прогноз; — учет дополнительной информации из оперативных баз данных; — модели с данными смешанной частоты; — модели с меняющимися во времени параметрами; — учет математической теории хаоса 	[Ho, 2023], [Lenza, Primiceri, 2020], [Carriero et al., 2022], [Granados, Parra-Amado, 2024], [Primiceri, Tambalotti, 2020], [Koop et al., 2021], [Aaronsen et al., 2020], [Larson, Sinclair, 2022], [Лаврикова и др., 2023], [Açikalin, Erçetin, 2022], [Archer et al., 2022]
Динамические модели общего равновесия	<ul style="list-style-type: none"> — учет гетерогенностей и межотраслевой структуры; — рассмотрение комбинации шоков 	[Ravenna, Walsh, 2022], [Woodford, 2022], [Baqae, Farhi, 2022], [Cox et al., 2024], [Alvarez et al., 2021], [Eichenbaum et al., 2021], [Engler et al., 2020], [Chan, 2022], [Faria-e-Castro, 2021], [Bulir et al., 2021], [Garcia et al., 2023], [Bartocci, Notarpietro, Pisani, 2021], [Ferroni et al., 2022], [Faria-e-Castro, 2021], [Guerrieri et al., 2022], [Baqae, Farhi, 2022], [Corrado et al., 2021]
Статические модели общего равновесия	пересмотр оценок параметров модели на основе данных, отражающих изменившуюся структуру экономики	Обзор работ в [Arriola, Kowalski, van Tongeren, 2022]
Модели анализа устойчивости бюджетной сферы	ориентированность на многосторонний сценарный анализ, учитывающий высокую долю неопределенности и высокие значения государственного долга	[Bernardo et al., 2024], [Della Posta et al., 2022], [Asian Development Bank (ADB), 2024]

Источник: составлено авторами.

К вариантам решения возникших сложностей можно отнести ориентацию в большей степени на сценарный анализ, где особое внимание уделяется формулировке предположений, на которых базируется модель, а также оценка моделей на данных со смешанной частотой или с меняющимися во времени параметрами. Кроме того, в научных публикациях можно выделить развитие альтернативных подходов моделирования с учетом дополнительного математического аппарата. Например, внедрение в существующие модели прогнозирования распространения инфекционного заболевания (SIR-модель), а также математической теории хаоса.

В качестве одной из основных особенностей моделирования, которая, как можно предположить, сохранится и в будущем, является учет различного рода гетерогенностей как производственного сектора, так и домохозяйств. При этом стоит отметить, что мировая экономика относительно недавно стала выходить из кризиса, вызванного коронавирусной инфекцией, и на данный момент сложно очертить полный круг изменений, которые будут отражены в модельном аппарате в постпандемийное время. Важно также учитывать, что действительность сталкивает исследователей с новыми вызовами, которые в ближайшем будущем окажут влияние на развитие аппарата макроэкономического моделирования.

Список источников / References

1. Лаврикова Ю. Г., Бучинская О. Н., Мыслякова Ю. Г. Теория хаоса: расширение границ экономических исследований // *AlterEconomics*. 2023. Т. 20. № 1. С. 79–109. [https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.5/Lavrikova.Y.G.,Buchinskaya.O.N.,Myslyakova.Y.G.\(2023\).ChaosTheory:ExpandingtheBoundariesofEconomicResearch.AlterEconomics,20\(1\),79-109.https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.5](https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.5/Lavrikova.Y.G.,Buchinskaya.O.N.,Myslyakova.Y.G.(2023).ChaosTheory:ExpandingtheBoundariesofEconomicResearch.AlterEconomics,20(1),79-109.https://doi.org/10.31063/AlterEconomics/2023.20-1.5).
2. Aaronson D. et al. (2020). Using the Eye of the Storm to Predict the Wave of Covid-19 UI Claims. Federal Reserve Bank of Chicago. <https://doi.org/10.21033/wp-2020-10>.
3. Alvarez F., Argente D., Lippi F. (2021). A Simple Planning Problem for COVID-19 Lock-down, Testing, and Tracing. *American Economic Review: Insights*, 3 (3), 367–382. <https://doi.org/10.1257/aeri.20200201>.
4. Archer D., Galstyan M., Laxton D. (2022). FPAS Mark II: Avoiding Dark Corners and Eliminating the Folly in Baselines and Local Approximations. *CBA Working Paper*, October 13.
5. Arriola C., Kowalski P. P., van Tongeren F. (2022). Understanding structural effects of COVID-19 on the global economy: first steps. *OECD Trade Policy Papers*, 6 May.
6. Açıkalın Ş. N., Erçetin Ş. Ş. (2022). Understanding COVID-19 with Chaos Theory: Dynamics and Implications for Societies. In *Beyond COVID-19: Multidisciplinary Approaches and Outcomes on Diverse Fields*. P. 1–18. http://dx.doi.org/10.1142/9781800611450_0001.
7. Baqaee D., Farhi E. (2022). Supply and Demand in Disaggregated Keynesian Economies with an Application to the COVID-19 Crisis. *American Economic Review*, 112 (5), 1397–1436.
8. Bartocci A., Notarpietro A., Pisani M. (2021). COVID-19 Shock And Fiscal-Monetary Policy Mix. In *A Monetary Union. Rome: Economic Challenges for Europe after the Pandemic: Proceedings of the XXII Villa Mondragone International Economic Seminar*, 233–266.
9. Baumol W. J., Benhabib J. (1989). Chaos: Significance, Mechanism, and Economic Applications. *Journal of economic perspectives*, 3 (1), 77–105.
10. Bernardo S., Vasconcelos M. L., Rocha F. (2024). The Widening of the North–South Divide: Debt Sustainability in a World Weakened by COVID-19. *Economies*, 12 (2), 42.
11. Bulir A. et al. (2021). Using Macroeconomic Frameworks to Analyze the Impact of COVID-19: An Application to Colombia and Cambodia. *International Monetary Fund*, 2021/001.
12. Cardani R. et al. (2022). The Euro Area's Pandemic Recession: a DSGE-based Interpretation. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 143, 104512.
13. Carriero A. et al. (2024). Addressing COVID-19 Outliers in BVARs with Stochastic Volatility. *Review of Economics and Statistics*, 106 (5), 1–38.
14. Chan Y. T. (2022). The Macroeconomic Impacts of the COVID-19 Pandemic: A SIR-DSGE model approach. *China Economic Review*, 71, 101725.
15. Corrado L. et al. (2021). Modelling and Estimating Large Macroeconomic Shocks During the Pandemic. Aarhus University, Department of Economics and Business Economics.
16. Cox L. et al. (2024). Optimal Monetary and Fiscal Policies in Disaggregated Economies. *NBER Working Paper*, w32914.
17. Della Posta P., Marelli E., Signorelli M. (2022). COVID-19, Economic Policies and Public Debt Sustainability in Italy. *Sustainability*, 14 (8), 4691.
18. Dixon P. et al. (2010). Effects on the US of an H1N1 Epidemic: Analysis with a Quarterly CGE Model. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7 (1).
19. Eichenbaum M. S., Rebelo S., Trabandt M. (2021). The Macroeconomics of Epidemics. *The Review of Financial Studies*, 34 (11), 5149–5187.
20. Engle R. F. (1982). Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*, 50 (4), 987–1007.
21. Engler P. et al. (2020). The Great Lockdown: International Risk Sharing Through Trade and Policy Coordination. *IMF Working Paper*, 2020/242.
22. Faria-e-Castro M. (2021). Fiscal Policy During a Pandemic. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 125, 104088. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jedc.2021.104088>.
23. Ferroni F., Fisher J.D.M., Melosi L. (2022). Unusual Shocks in Our Usual Models. Working Paper WP 2022-39, Federal Reserve Bank of Chicago. <https://doi.org/10.21033/wp-2022-39>.
24. Garcia P. et al. (2023). Global Models for a Global Pandemic: the Impact of COVID-19 on Small Euro Area Economies. *Journal of Macroeconomics*, 77, 103551. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2023.103551>.
25. Gomes S., Jacquinot P., Pisani M. (2012). The EAGLE. A model for policy analysis of macroeconomic interdependence in the euro area. *Economic Modelling*, 29 (5), 1686–1714.
26. Granados C., Parra-Amado D. (2024). Estimating the Output Gap after COVID: How to Address Unprecedented Macroeconomic Variations. *Economic Modelling*, 135, 106711.
27. Guerrieri V. et al. (2022). Macroeconomic Implications of COVID-19: Can Negative Supply Shocks Cause Demand Shortages? *American Economic Review*, 112 (5), 1437–1474.
28. Ho P. (2023). Forecasting in the Absence of Precedent. *Journal of Economic Surveys*, 37 (3), 1033–1058. <https://doi.org/10.1111/joes.12526>.

29. Jacquier E., Polson N. G., Rossi P. E. (2004). Bayesian Analysis of Stochastic Volatility Models With Fat-Tails and Correlated Errors. *Journal of Econometrics*, 122 (1), 185–212.
30. Kermack W. O., McKendrick A. G. (1927). A Contribution to the Mathematical theory of Epidemics. Proceedings of the royal society of london. Series A. Containing papers of a mathematical and physical character, 700–721.
31. Koop G. et al. (2021). Nowcasting 'True' Monthly US GDP During the Pandemic. *National Institute Economic Review*, 256, 44–70. <https://doi.org/10.1017/nie.2021.8>.
32. Larson W., Sinclair T. M. (2022). Nowcasting Unemployment Insurance Claims in the Time of COVID-19. *International Journal of Forecasting*, 38 (2), 635–647. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.01.001>.
33. Lenza M., Primiceri G. E. (2020). How to Estimate a VAR after March 2020. *NBER Working Paper w27771*. <https://doi.org/10.3386/w27771>.
34. Prager F., Wei D., Rose A. (2017). Total Economic Consequences of an Influenza Outbreak in the United States. *Risk Analysis*, 37 (1), 4–19.
35. Primiceri G. E., Tambalotti A. (2020). Macroeconomic Forecasting in the Time of COVID-19. Manuscript, Northwestern University, 1–23.
36. Ravenna F., Walsh C. E. (2022). Worker Heterogeneity, Selection, And Unemployment Dynamics in a Pandemic. *Journal of Money, Credit and Banking*, 54 (S1), 113–155. <https://doi.org/10.1111/jmcb.12899>.
37. Schorfheide F., Song D. (2015). Real-time Forecasting with a Mixed-Frequency VAR. *Journal of Business & Economic Statistics*, 33 (3), 366–380.
38. Stock J. H., Watson M. W. (2016). Core Inflation and Trend Inflation. *Review of Economics and Statistics*, 98 (4), 770–784.
39. Woodford M. (2022). Effective Demand Failures and the Limits of Monetary Stabilization Policy. *American Economic Review*, 112 (5), 1475–1521.

Информация об авторах

Антон Игоревич Вотинов, научный сотрудник Центра макроэкономических исследований Научно-исследовательского финансового института Минфина России, г. Москва

Юлия Александровна Польщикова, научный сотрудник Центра макроэкономических исследований Научно-исследовательского финансового института Минфина России, г. Москва; аспирант Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва

Нерсисян Карен Армоевич, научный сотрудник Института экономики имени М. Котаняна НАН Республики Армения, г. Ереван

Information about the authors

Anton I. Votinov, Researcher, Macroeconomic Research Centre, Financial Research Institute, Moscow

Julia A. Polshchikova, Researcher, Macroeconomic Research Centre, Financial Research Institute, Moscow; HSE University, Moscow

Karen A. Nersisyan, Researcher, Institute of Economics after M. Kotanyan of NAS RA, Yerevan

Статья поступила в редакцию 20.11.2024
Одобрена после рецензирования 09.01.2025
Принята к публикации 07.02.2025

The article submitted November 20, 2024
Approved after reviewing January 9, 2025
Accepted for publication February 7, 2025