

## ЭКОНОМИКА РОССИИ И РЕГИОНОВ

УДК: 330.4

JEL: C01; C83

**Распространение уханьского коронавируса (SARS-CoV-2) в России: макроэкономическая производственная функция с учетом мировой цены на нефть марки «Брент»**

*А.А. Афанасьев*, д.э.н., доцент  
e-mail: *aanton@cemi.rssi.ru*

*О.С. Пономарева*  
e-mail: *fondf@cemi.rssi.ru*

**Аннотация**

Новый уханьский коронавирус, названный вирусологами SARS-CoV-2, получил за последний год широкое распространение во всех странах мира и привел к значительным человеческим и народнохозяйственным потерям. В связи с этим прогнозирование распространения уханьского коронавируса, исследование законов его динамики является актуальной социальной и народнохозяйственной проблемой. Мы проверили точность исполнения сделанных нами ранее [3, 4] на основе квадратичной экспоненты Гаусса эконометрических прогнозов осенне-весенней фазы распространения уханьского коронавируса в России. Средние ошибки прогноза на 15 октября 2020 – 20 марта 2021 г. составили от 10% до 16%. Исследованные нами квадратичные экспоненты Гаусса в течение 5 месяцев указывают ориентиры (законы) динамики распространения уханьского коронавируса в России в виде прогнозных коридоров со средними ошибками 10-16%. Более того, одна из исследованных функций достаточно точно предсказала пиковую суточную численность (30,2 тыс. чел.) на 30 ноября, т.е. за 24 дня до достижения фактического пика 24 декабря (29,9 тыс. чел.) А другая функция спрогнозировала пиковую дату за день (23 декабря) до наступления фактической пиковой даты (24 декабря), хотя ее прогнозная пиковая суточная численность (48 тыс. чел.) на 18 тыс. чел. превысила фактическую (30 тыс. чел.). Также мы предложили аналитическую модификацию макроэкономической производственной функции России с мировой ценой на нефть марки «Брент» путем рассмотрения среднегодового уровня использования основных фондов как кусочно-линейной функции от численности госпитализированных с признаками тяжелого острого респираторного синдрома (SARS). Эта численность, в свою очередь, является возрастающей функцией от суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России. Кроме того, мы провели эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции России с мировой ценой на нефть марки «Брент» в предкоронавирусные 1990-2019 гг. Результаты исследования показали, что коэффициенты производственной функции за 2018 и 2019 гг. почти не изменились по сравнению с 2016 и 2017 гг. Это свидетельствует об определенной стабилизации процесса расширенного воспроизводства народного хозяйства России в предкоронавирусный период 2016-2019 гг. после периода экономического спада 2015-2016 гг., сопровождавшегося снижением коэффициента нейтрального технического прогресса и ростом эластичности ВВП по основным фондам при достаточно стабильной зависимости от мировой цены на нефть. Исследованная производственная функция обладает хорошей прогнозной силой:

значения средней арифметической ошибки ex-post прогноза находятся в пределах от 1 до 7%, а средняя ошибка на 19 лет вперед составляет 4,5%. Д.А. Медведев в своей статье [6, с. 21] отметил: «Коронавирусная инфекция, с которой мы столкнулись, уникальна, так как напрямую затронула все сферы нашей жизни. И в этот трудный период именно транспарентность является главным условием выживания. Нужно делиться научной и практической информацией, навыками, различного рода технологическими решениями». Мы надеемся, что результаты нашего исследования вносят посильный вклад в изучение, анализ и осмысление нового объекта – уханьского коронавируса – и могут быть использованы органами государственной власти, медицинскими и экономическими научно-исследовательскими институтами для прогнозирования человеческих и народнохозяйственных потерь от его распространения и разработки эффективных мер для их минимизации.

**Ключевые слова:** *эконометрическое исследование, российская экономика, макроэкономическая производственная функция, мировая цена на нефть марки «Брент», эконометрическое прогнозирование, исполнение прогноза, осенне-летняя фаза, уханьский коронавирус, SARS-CoV-2, COVID-19, уровень использования факторов производства, атипичная пневмония, SARS-CoV, точная численность госпитализированных с признаками SARS*

**DOI:** <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2021-1-24-46>

### **Введение**

Распространение уханьского коронавируса, начавшееся поздней осенью 2019 г. в китайском городе Ухань и охватившее в течение первых месяцев 2020 г. весь земной шар, нанесло значительный человеческий и экономический урон почти всем странам мира, включая Россию. Уханьский коронавирус (*Wuhan coronavirus*, 武汉冠状病毒) – второй коронавирус тяжелого острого респираторного синдрома (SARS-CoV-2), геном которого на 79,6% совпадает с геномом коронавируса атипичной пневмонии (SARS-CoV), распространение которого имело место в 2002-2004 гг. [15]. Повторение эпидемии SARS-подобного коронавируса не было неожиданностью для части исследователей-вирусологов. Так, еще в 2005 г. китайские ученые предупреждали: «Эпидемия атипичной пневмонии (SARS-CoV) может повториться в любой момент в будущем либо из-за утечки вируса из лабораторных образцов, либо из-за изолята SARS-CoV, эволюционировавшего из вируса, подобного SARS-CoV, у животных-хозяев» [12]. Как в своих предыдущих работах [1-4], далее в статье мы будем использовать термин «уханьский коронавирус», который наряду с терминами *SARS-CoV-2*, *COVID-19*, *2019-nCoV*, *Wuhan seafood market pneumonia virus* («вирус пневмонии уханьского рынка морепродуктов») является общеупотребительным в научной литературе [13], служит изначальным названием этого нового коронавируса (предложенного китайскими исследователями [13], в том числе из Китайской академии наук [11]), является понятным для более широкого круга читателей, не имеющих специального медицинского образования.

Для предотвращения и минимизации человеческих и народнохозяйственных потерь от уханьского коронавируса представляется актуальным исследовать закон его распространения, что можно сделать при помощи эконометрических моделей.

### Эконометрическое прогнозирование на осень 2020 г. – лето 2021 г. официально публикуемой суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России

В работах [3, 4] проведено эконометрическое исследование функции официально публикуемой суточной численности инфицированных уханьским коронавирусом жителей России в сентябре – октябре 2020 г. Функция имеет вид квадратичной экспоненты Гаусса, которая была успешно использована в работах [1, 2] для прогнозирования весенней фазы распространения уханьского коронавируса в г. Москве и в России в целом,

$$Y_T = e^{aT^2 + bT + c}, \quad (1)$$

где  $Y_T$  – количество зараженных уханьским коронавирусом людей за сутки,  $T$  – время (сутки),  $e$  – основание натурального логарифма.

Результаты исследования функции (1) во временных промежутках, начинающихся с 22 сентября 2020 г. и оканчивающихся 11-31 октября 2020 г., приведены в таблице 1. На основе результатов исследования функции (1) в работах [3, 4] даны прогнозы официально публикуемой суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России. На данный момент представляется актуальным проверить точность их исполнения.

Таблица 1

#### Результаты эконометрического исследования квадратичной экспоненциальной функции Гаусса (1) официально публикуемой суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России осенью 2020 г.

№ п/п	Временной промежуток	Коэффициенты (t-статистики)			$R^2$	DW	Прогноз на 2020 г. пика суточного заражения		Прогноз на 2021 г. наступления нулевого (единичного) суточного заражения	
		$a$	$b$	$c$			дата	число зараженных, чел.	дата	общее число зараженных с начала эпидемии, млн. чел.
М	22/IX–11/X	-0,0002 (-1,31)	0,1452 (1,81)	10,75 (1,25)	0,99	1,26	23/XII	48258	28/VII	6,5
0	22/IX–12/X	-0,0003 (-1,75)	0,1613 (2,32)	12,46 (1,66)	0,99	1,39	11/XII	38362	29/VI	5,0
1	22/IX–13/X	-0,0003 (-2,37)	0,1848 (3)	14,96 (2,26)	0,99	1,36	30/XI	30191	30/V	3,9
2	22/IX–14/X	-0,0004 (-3)	0,2040 (4)	17,01 (2,90)	0,99	1,33	22/XI 23/XI	26211	5/V	3,4
4	22/IX–16/X	-0,0005 (-4)	0,2540 (5)	22,35 (4)	0,99	1,51	10/XI	20512	5/IV	2,6

Источники: функции 0, 1, 2, 4 [4], функция М [3].

На рис. 1 и 2 мы можем видеть следующее. В период с 17 октября по 12 ноября 2020 г. (в течение первых 4-х недель) фактические данные находились около прогнозных значений функции 4, средняя ошибка прогноза за этот период составила 5%. В течение следующих 3-х недель (с 12 ноября по 02 декабря 2020 г.) фактические значения располагались между прогнозными кривыми функций 4 и 2, а со 02 по 17 декабря – между прогнозными кривыми функций 2 и 1. В период с 17 декабря 2020 г. по 28 января 2021 г. фактические значения находятся между кривыми функций 1 и 0, а с 28 января по 17 февраля 2021 г. – около функции 0 со средней ошибкой прогноза 8,6% на 21 день вперед. С 18 февраля 2021 г. фактические значения стали отдаляться от прогнозных значений функции 0 в сторону прогнозных значений функции М, и 27-28 февраля ошибки прогноза по функциям 0 и М почти сравнялись: они составили соответственно 27 февраля – 40% и 42% и 28 февраля – 41% и 40%. 13 марта 2021 г. фактические значения достигли прогнозных значений функции М, ошибка прогноза  $APE$ , вычисляемая по формуле:

$$APE_T = |y_T(\text{прогнозная}) / y_T(\text{фактическая}) - 1| \times 100\%,$$

составила 0,1%. В течение последующих 7 дней (с 14 марта по 20 марта 2021 г.) фактические значения превышали прогнозные значения функции М.

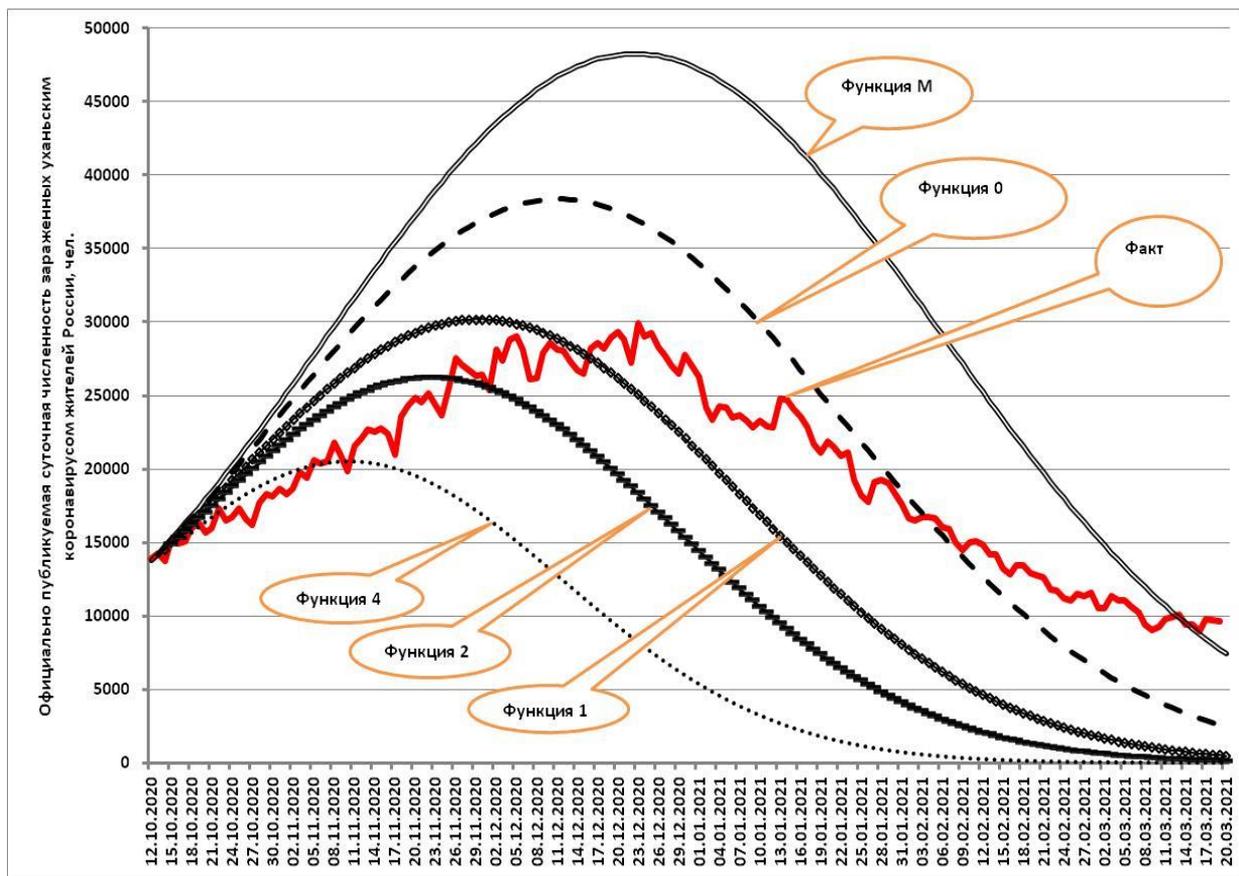


Рис. 1. Фактическая и прогнозная на 12 октября 2020 г. – 20 марта 2021 г. официально публикуемая суточная численность зараженных уханьским коронавирусом жителей России.

Источники: таблица 1, [3, 4] и стопкоронавирус.рф

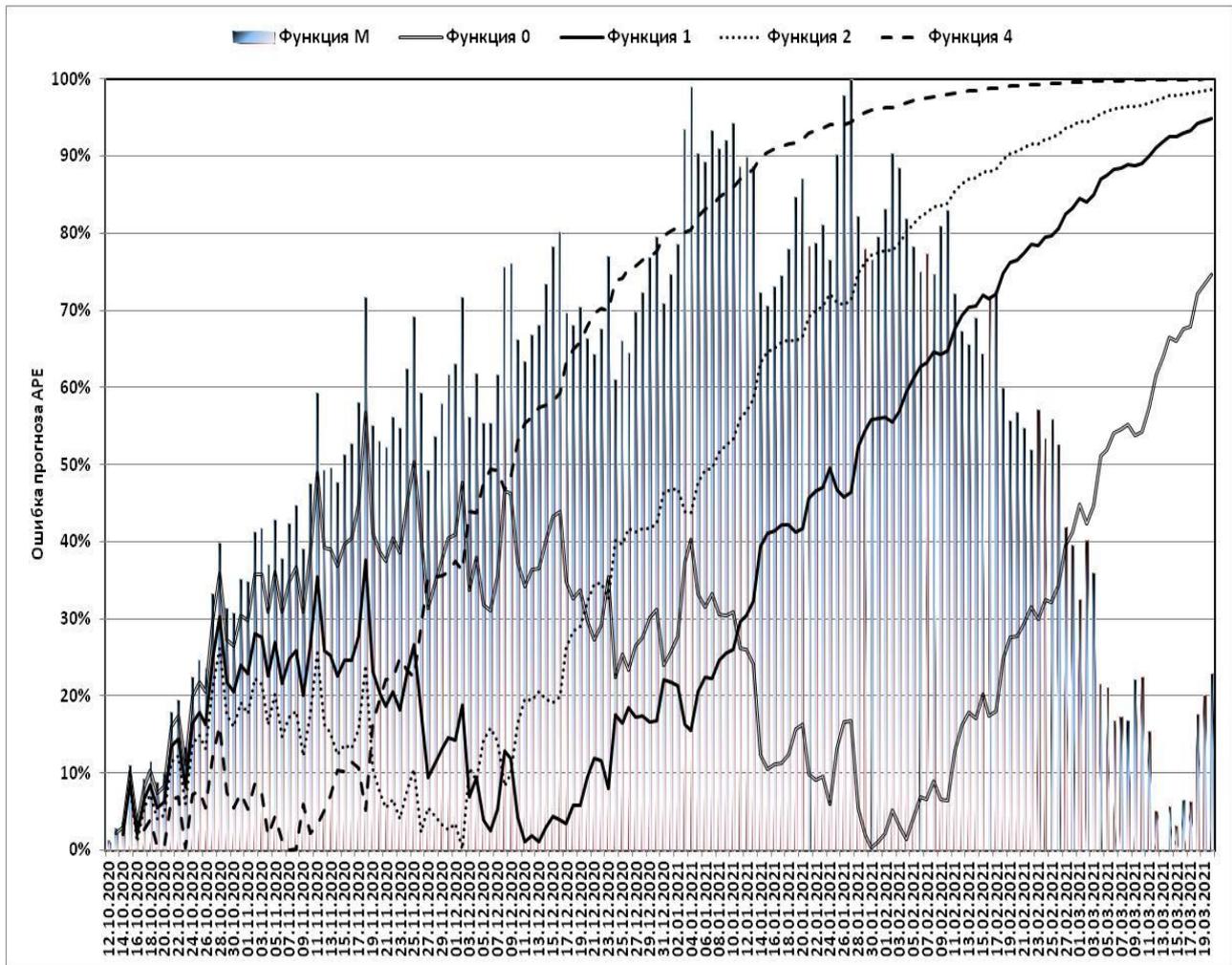


Рис. 2. Ошибки прогноза  $APE_T$  на 12 октября 2020 г. – 20 марта 2021 г.

официально публикуемой суточной численности зараженных  
уханьским коронавирусом жителей России.

Источник: рис. 1.

Можно заметить (рис. 3), что в период с 15 октября 2020 г. по 20 марта 2021 г. средние ошибки прогноза  $APE$ , вычисляемые по формуле  $APE = \frac{1}{m} \sum_{T=1}^m APE_T$ , где  $m$  – число суток

прогнозного периода, получаются следующие:

- по функции 4 (17 октября – 27 ноября 2020 г.) – 9,7%;
- по функции 2 (15 октября – 09 декабря 2020 г.) – 12,0%;
- по функции 1 (27 ноября 2020 г. – 13 января 2021 г.) – 13,8%;
- по функции 0 (14 января – 02 марта 2021 г.) – 16,4%;
- по функции М (03 марта – 20 марта 2021 г.) – 15,4%.

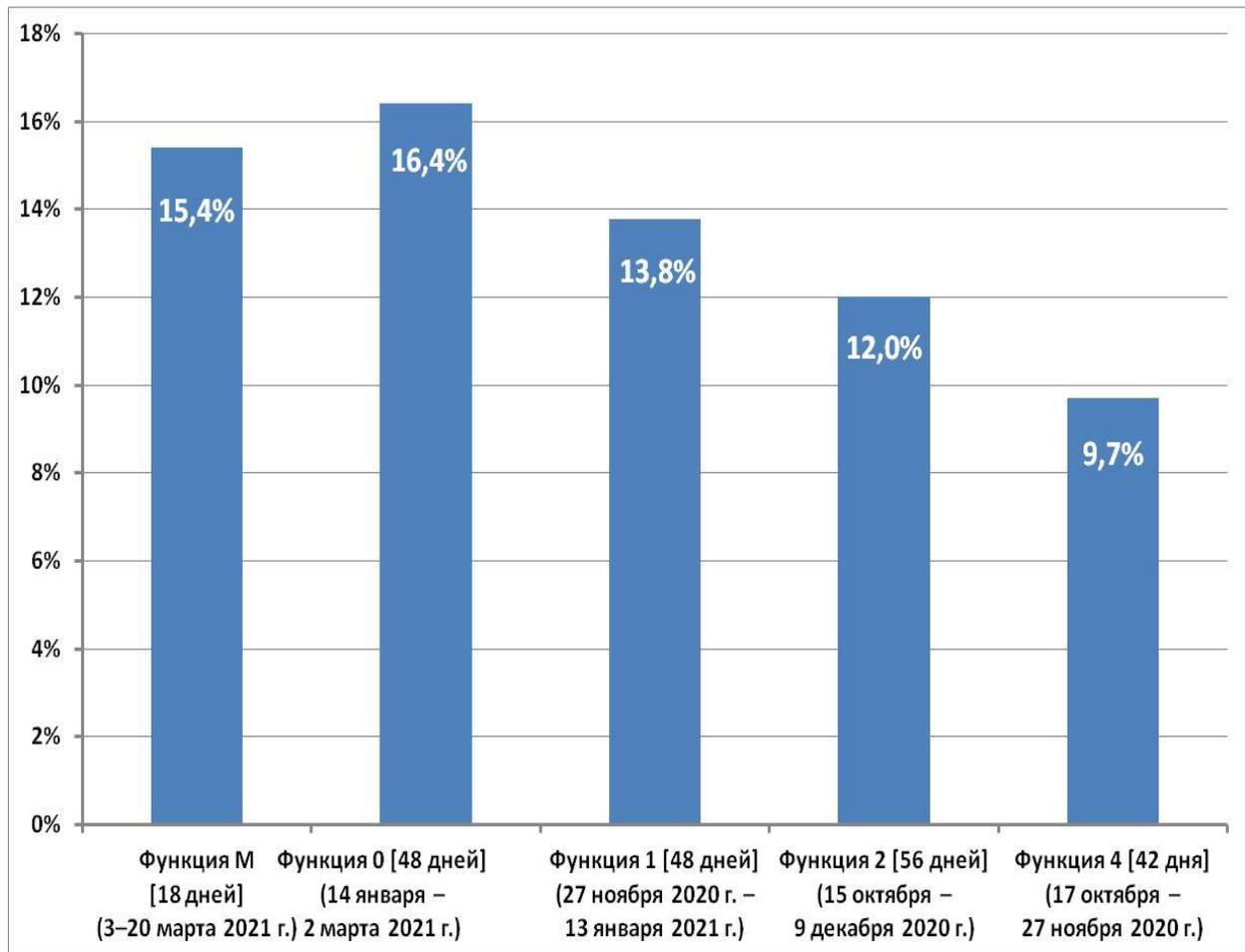


Рис. 3. Средние ошибки *ex-post* прогноза *АРЕ* на 15 октября 2020 г. – 20 марта 2021 г. по функциям М, 0, 1, 2 и 4.

Источник: рис. 2.

Отметим, что функция 2 достаточно точно предсказала пиковую численность – 30,2 тыс. чел., на 30 ноября, т.е. за 24 дня до достижения фактического пика 24 декабря (29,9 тыс. чел.) Между тем, функция М прогнозирует пиковую дату за день (23 декабря) до наступления фактической пиковой даты (24 декабря). Однако фактическое и прогнозное значения суточной численности, соответственно, 30 тыс. чел. и 48 тыс. чел., различаются сильно – на 18 тыс. чел. [3]. Функции 0 и М прогнозируют затухание (обнуление) эпидемического процесса в России 29 июня и 28 июля 2021 г., соответственно (см. табл. 1 и рис. 4). Общее количество инфицированных уханьским коронавирусом жителей России прогнозируется на уровне 5-6,5 млн. чел. (табл. 1).

Таким образом, можно утверждать, что исследованные функции вида (1) в течение 5 месяцев (с середины октября 2020 г. по середину марта 2021 г.) указывают ориентиры (законы) динамики распространения уханьского коронавируса в России в виде прогнозных коридоров со средними ошибками 10-16% (рис. 1 и 3).

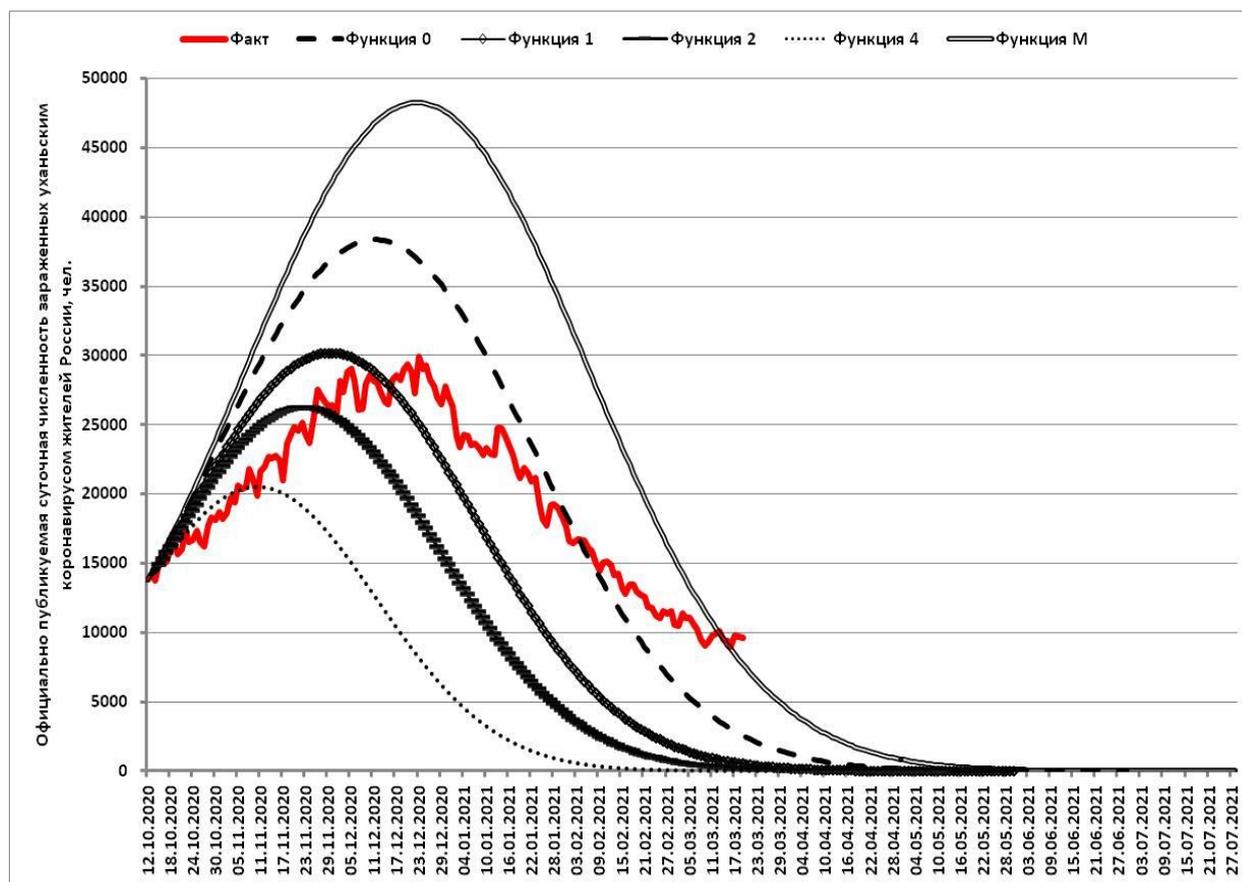


Рис. 4. Фактическая и прогнозная на 12 октября 2020 г. – 28 июля 2021 г. официально публикуемая суточная численность зараженных уханьским коронавирусом жителей России.

Источники: таблица 1, [3, 4] и [stopкоронавирус.рф](http://stopкоронавирус.рф)

Учитывая хорошую прогнозную силу функций (1), ее прогнозные значения могут быть использованы для оценки и прогнозирования человеческих и народнохозяйственных потерь от уханьского коронавируса. Если вопросы исследования размеров человеческих потерь относятся в большей степени к области медицины, то исследование народнохозяйственных потерь и влияния уханьского коронавируса на расширенное воспроизводство народного хозяйства является одной из наиболее актуальных на сегодняшний день проблем, стоящих перед экономистами всех стран мира.

#### Уханьский коронавирус и макроэкономическая производственная функция

Одним из способов исследования влияния уханьского коронавируса на расширенное воспроизводство народного хозяйства, как показано в нашей работе [4] является включение прогнозных значений суточной численности зараженных им жителей в макроэкономическую функцию России через уровни загрузки факторов производства. Действительно, распространение уханьского коронавируса в России снизило, в первую очередь, уровень использования почти всех факторов производства: основных фондов – ввиду временного закрытия многих предприятий и организаций с 25 марта по 11 мая 2020 г., рабочей силы – из-за вынужденной изоляции части жителей по причине заболеваемости коронавирусной болезнью (COVID-19) или близких контактов с вирусоносителями, транспортной части инфраструктуры – вследствие сокращения числа рейсов пассажироперевозок воздушным, железнодорожным и морским видами транспорта. Единственным фактором производства, степень использования которого резко возросла в период ограничительных мер по коронавирусу и перехода

большинства людей в удаленный режим общения и работы при помощи средств связи, является коммуникационная часть инфраструктуры.

Итак, согласно [4], модифицированный вид макроэкономической производственной функции России с учетом коронавирусных ограничений в 2020 г. выглядит следующим образом:

$$Y_t = A(z_t K_t)^\beta (v_t L_t)^{1-\beta} (w_{Tt} I_{Tt} + w_{Ct} I_{Ct})^\gamma,$$

где  $Y_t$  – ВВП России в сопоставимых ценах 1990 г. в году  $t$ ,  $K_t$  – среднегодовая стоимость основных фондов экономики России в сопоставимых ценах 1990 г. в году  $t$ ,  $z_t$  – среднегодовой уровень загрузки производственных мощностей в российской промышленности в году  $t$ ,  $L_t$  – среднегодовая численность занятых в экономике в году  $t$ ,  $v_t$  – среднегодовой уровень загрузки рабочей силы в году  $t$ ,  $I_{Tt}$  – транспортная составляющая инфраструктуры в году  $t$ ,  $I_{Ct}$  – коммуникационная составляющая инфраструктуры в году  $t$ ,  $w_{Tt}$  – среднегодовой уровень загрузки транспортной составляющей инфраструктуры в году  $t$ ,  $w_{Ct}$  – среднегодовой уровень загрузки коммуникационной составляющей инфраструктуры в году  $t$ .

В работе [4] уровни загрузки основных фондов, транспортной и коммуникационной частей инфраструктуры являются кусочно-линейными функциями, зависящими непосредственно от значений суточной численности зараженных уханьским коронавирусом людей и заданных эпидемических порогов.

Так, среднемесячный уровень загрузки производственных мощностей (основных фондов)  $z_\tau$  в месяце  $\tau$  представляет собой кусочно-линейную функцию в зависимости от ограничений на работу предприятий и организаций, которые ужесточаются в зависимости от превышения показателя суточной численности инфицированных людей  $y_{\tau,T}$ , вычисляемого на основе формулы (1), некоторых заданных эпидемических порогов и ослабляются в зависимости от падения этого показателя ниже пороговых значений:

$$z_\tau = z(y_{\tau,T}) = \begin{cases} z_0, y_{\tau,T} < \tilde{y}_0 \\ z_1, \tilde{y}_0 \leq y_{\tau,T} \leq \tilde{y}_1 \\ z_2, \tilde{y}_1 \leq y_{\tau,T} \leq \tilde{y}_2' \\ z_3, y_{\tau,T} > \tilde{y}_2 \end{cases}$$

где  $\tilde{y}_i$  – эпидемические пороги суточной численности инфицированных уханьским коронавирусом людей в соответствии с 3 этапами коронавирусных ограничений в России, разработанных Роспотребнадзором, где  $i = 0,1,2,3$  и  $z_0$  соответствует докоронавирусному уровню загрузки производственных мощностей. Кроме того,  $z_0 > z_1 > z_2 > z_3$ , т.е. функция убывает по количеству заразившихся уханьским коронавирусом людей и значениям эпидемических порогов.

Такой же кусочно-линейный вид имеет функция среднемесячного уровня загрузки транспортной составляющей инфраструктуры  $w_{Tt}$ , она также будет убывать по численности инфицированных людей.

Функция же среднемесячного уровня загрузки коммуникационной составляющей инфраструктуры  $w_{Ct}$ , наоборот, возрастает по количеству инфицированных уханьским коронавирусом людей и эпидемическим порогам

$$w_{C\tau} = w_{C\tau}(y_{\tau,T}) = \begin{cases} w_{C3}, y_{\tau,T} > \tilde{y}_2 \\ w_{C2}, \tilde{y}_1 \leq y_{\tau,T} \leq \tilde{y}_2 \\ w_{C1}, \tilde{y}_0 \leq y_{\tau,T} \leq \tilde{y}_1 \\ w_{C0}, y_{\tau,T} < \tilde{y}_0 \end{cases}$$

т.е.  $w_{C0} < w_{C1} < w_{C2} < w_{C3}$ , где  $\tilde{y}_i$  – эпидемические пороги суточной численности инфицированных уханьским коронавирусом людей в соответствии с 3-мя этапами коронавирусных ограничений в России,  $i = 0, 1, 2, 3$ .

Как показано в работе [4], несмотря на важный вклад, который вносит транспортно-коммуникационная инфраструктура в народное хозяйство России, в течение 2009-2018 гг. ее роль и значимость в расширенном воспроизводстве народного хозяйства нашей страны снижается, что вызвано сокращением объемов капитальных вложений в основные фонды отраслей транспорта и связи.

Вместе с тем, другим важным фактором, оказывающим наряду с инфраструктурой значительное влияние на расширенное производство экономики России, является мировая цена на нефть. В связи с этим в данной работе представляется актуальным предложить модификацию макроэкономической функции с мировой ценой на нефть марки «Брент» [5], учитывающую распространение уханьского коронавируса в России:

$$Y_t = e^{\alpha}(z_t K_t)^{\beta} (v_t L_t)^{1-\beta} e^{\gamma P_t(2010)}, \quad (2)$$

где  $P_t(2010)$  – мировая цена нефти марки «Брент» в сопоставимых ценах 2010 г. в году  $t$ .

Отметим, что введение и усиление антикоронавирусных ограничений часто зависит не столько от числа инфицированных, сколько от числа госпитализированных жителей. Очевидно, что с ростом числа инфицированных уханьским коронавирусом людей растет и число госпитализаций, что можно описать следующей возрастающей по  $y_T$  функцией  $H$ :

$$h_T = H(y_T),$$

где  $h_T$  – суточная численность госпитализированных жителей с признаками тяжелого острого респираторного синдрома (SARS) за сутки  $T$ ,  $y_T$  – суточная численность инфицированных уханьским коронавирусом жителей, которая определяется из формулы (1).

Тогда среднемесячный уровень загрузки производственных мощностей (основных фондов)  $z_{\tau}$  в месяце  $\tau$  будет описываться кусочно-линейной функцией в зависимости от ограничений на работу предприятий и организаций, которые ужесточаются в зависимости от превышения показателя суточной численности госпитализированных с признаками SARS жителей  $h_{\tau,T}$  некоторых предельных порогов госпитализаций и ослабляются в зависимости от падения этого показателя ниже пороговых значений

$$z_{\tau} = z(h_{\tau,T}) = \begin{cases} z_0, h_{\tau,T} < \tilde{h}_0 \\ z_1, \tilde{h}_0 \leq h_{\tau,T} \leq \tilde{h}_1 \\ z_2, \tilde{h}_1 \leq h_{\tau,T} \leq \tilde{h}_2 \\ z_3, h_{\tau,T} > \tilde{h}_2 \end{cases}$$

где  $\tilde{h}_i$  – предельные пороги суточной численности госпитализированных с признаками SARS жителей в соответствии с 3 этапами коронавирусных ограничений в России, разработанных Роспотребнадзором,  $i = 0,1,2,3$ .

Как и в работе [4], среднемесячный уровень использования рабочей силы  $v_\tau$  в месяце  $\tau$  представляет собой некоторую функцию  $F$  – функцию строгой изоляции, включающую количество людей заболевших коронавирусной болезнью и лиц, контактировавших с ними. Все эти люди полностью или частично являются нетрудоспособными из-за болезни или карантина. Функция возрастает по суммарному за месяц  $\tau$  количеству инфицированных уханьским коронавирусом людей

$$v_\tau = F\left(\sum_{T=1}^n y_{\tau,T}\right),$$

где  $y_{\tau,T}$  – количество инфицированных уханьским коронавирусом людей в сутки  $T$  месяца  $\tau$ ,  $n$  – число дней в месяце  $\tau$ .

Среднегодовые значения показателей использования факторов производства вычисляются как средние арифметические значения месячных показателей

$$z_t = \frac{1}{12} \sum_{\tau=1}^{12} z_{\tau}, v_t = \frac{1}{12} \sum_{\tau=1}^{12} v_{\tau}.$$

Модификация производственной функции экономики России с учетом распространения уханьского коронавируса приведена в аналитическом виде. На данный момент не представляется возможным провести необходимые расчеты ввиду недостаточности статистических данных о факторах производства за 2020-2021 гг. Вместе с тем, нам представляется актуальным провести эконометрическое исследование производственной функции с мировой ценой на нефть за 1990-2019 гг.

#### **Макроэкономическая производственная функция России с мировой ценой на нефть марки «Брент» в 1990-2019 гг.**

Для эконометрического исследования рассмотрим макроэкономическую производственную функцию вида (2) с мировой ценой на нефть марки «Брент» и единичным уровнем использования рабочей силы  $v_t = 1$ :

$$Y_t = e^\alpha (z_t K_t)^\beta L_t^{1-\beta} e^{\gamma p_t(2020)}. \quad (3)$$

В работе [5] эта функция была исследована во временных промежутках, начинающихся с 1990 г. и оканчивающихся 2000-2018 гг. В данной статье мы проводим ее эконометрическое исследование за 1990-2019 гг. методом наименьших квадратов на основе статистических данных Росстата, Российского экономического барометра и Мирового банка (табл. 2).

Таблица 2

**Статистические данные для эконометрического исследования производственной функции (3) за 1990-2019 гг.**

Год $t$	$Y_t$ , млрд. руб.	$K_t$ , млн. руб.	$z_t$ , %	$L_t^{**}$ , тыс. чел.	$P_t(2010)$ , долл./бар.
1990	644	1871649	100	75325	28,65
1991	612	1957288	100	73848	24,50
1992	523	2009054	73	72071	23,14
1993	478	2030396	74	70852	19,72
1994	417	2014984	61	68484	18,91
1995	400	1995229	60	66441	18,57
1996	386	1983823	54	65950	22,90
1997	391	1967098	54	64639	22,22
1998	371	1953216	55	63642	15,48
1999	394	1953747	62	63963	22,10
2000	434	1962932	66	64517	35,54
2001	456	1976006	69	64980	31,89
2002	477	1993845	70	65574	132,99
2003	512	2015564	73	65979	36,24
2004	549	2040209	74	66407	45,05
2005	584	2074736	76	66792	62,07
2006	632	2119496	78	67174	72,72
2007	686	2169707	80	68019	76,18
2008	722	2229842	77	68474	94,95
2009	665	2292706	65	67463	64,13
2010	695	2350079	72	67577	79,64
2011	725	2416816	78	67727	99,97
2012	750	2499424	79	67968	101,61
2013	760	2581327	78	67901	99,21
2014	765	2644159	77	67813	91,59
2015	744	2673133	75	68389	53,65
2016	742	2696319	77	68430	46,98
2017*	753	2730170	79	68127	55,91
2018	771	2762511	78	68016	70,01
2019	781	2853595	79	67388	64,37

Источники: данные за 1990-2018 гг. [4; 5; 7, с. 285], остальные данные [8, с. 49, 265; 9, с. 30; 14].

\*Уточненные по среднегодовой стоимости основных фондов ввиду уточнения индекса цен на продукцию инвестиционного назначения за 2017 г.

\*\* В связи с изменением методики расчета Росстатом среднегодовой численности занятых в народном хозяйстве показатель за 2018 и 2019 гг. вычислен авторами по среднегодовым темпам роста за 2018 и 2019 гг. [4; 8, с. 49; 10, с. 89]

Среднегодовая стоимость основных фондов в сопоставимых ценах 1990 г. была вычислена по методике, изложенной в работе [5] (см. табл. 3). Среднегодовой индекс цен на продукцию инвестиционного назначения за 2019 г., вычисленный авторами по методике Росстата и равный 107,0% (табл. 3), немного отличается от индекса, представленного Росстатом в базе Федстат и равного 106,38%, ввиду уточнения Росстатом месячных индексов цен на продукцию инвестиционного назначения за 2018 г.

Таблица 3.

## Расчет среднегодовой стоимости основных фондов народного хозяйства России в сопоставимых ценах 1990 г. за 1991-2019 гг.

Годы	В фактических ценах, млн. руб. (до 1997 г. включительно – неденоминированных)				Индекс цен производителей в капитальном строительстве, в размах к предыдущему году	Индекс фактической переоценки основных фондов, в размах к предыдущему году	В сопоставимых ценах 1990 г., млн. неденоминированных руб.				
	Наличие на начало отчетного года	Введено в действие новых	Ликвидировано (списано)	Наличие на конец отчетного года			Наличие на начало отчетного года	Введено в действие новых	Ликвидировано (списано)	Наличие на конец отчетного года	Среднегодовая стоимость
1990	1 833 568	135 925	41 191	1 926 916	1,0 00	–	–	–	–	–	1 871 649
1991	1 926 916	175 540	41 719	2 061 141	1,713	1,000	1 926 916	102 463	41 719	1 987 660	1 957 288
1992	41 808 023	2 005 179	606 689	43 214 607	16,100	20,284	1 987 660	72 697	29 910	2 030 447	2 009 054
1993	43 214 607	15 093 139	958 938	63 860 780	11,600	1,000	2 030 447	47 172	47 276	2 030 344	2 030 396
1994	1 189 560 972	72 349 654	27 727 669	1 221 494 279	5,300	18,627	2 030 344	42 665	73 385	1 999 623	2 014 984
1995	5 182 039 730	230 406 948	93 864 056	5 306 460 330	2,730	4,242	1 999 623	49 770	58 558	1 990 835	1 995 229
1996	13 072 378 021	334 301 914	221 157 712	13 250 160 200	1,720	2,463	1 990 835	41 984	56 007	1 976 812	1 983 823
1997	13 286 271 536	406 471 841	253 452 937	13 411 950 567	1,145	1,003	1 976 812	44 583	64 011	1 957 384	1 967 098
1998	14 125 670	428 564	220 572	14 277 540	1,055	1,053	1 957 384	44 555	52 892	1 949 047	1 953 216
1999	14 206 427	597 306	157 999	14 327 234	1,308	0,995	1 949 047	47 476	38 077	1 958 446	1 953 747
2000	16 479 505	841 245	181 607	17 335 233	1,422	1,150	1 958 446	47 022	38 050	1 967 418	1 962 932
2001	20 162 861	1 115 886	184 789	21 414 799	1,236	1,163	1 967 418	50 463	33 287	1 984 594	1 976 006
2002	24 430 544	1 615 063	290 000	26 333 273	1,136	1,141	1 984 594	64 294	45 791	2 003 096	1 993 845
2003	30 329 106	1 815 658	295 665	32 173 286	1,104	1,152	2 003 096	65 470	40 535	2 028 032	2 015 564
2004	32 541 444	1 972 112	287 079	34 873 724	1,124	1,011	2 028 032	63 267	38 912	2 052 386	2 040 209
2005	38 366 273	2 943 686	309 183	41 493 568	1,141	1,100	2 052 386	82 794	38 093	2 097 087	2 074 736
2006	43 822 840	3 252 436	320 797	47 489 498	1,112	1,056	2 097 087	82 242	37 424	2 141 906	2 119 496
2007	54 251 541	4 296 411	379 410	60 391 454	1,152	1,142	2 141 906	94 347	38 744	2 197 508	2 169 707
2008	64 533 994	5 744 850	429 373	74 441 095	1,194	1,069	2 197 508	105 700	41 032	2 262 176	2 229 842
2009	76 218 866	6 356 223	537 331	82 302 969	1,052	1,024	2 262 176	111 212	50 151	2 323 236	2 292 706
2010	85 664 471	6 275 935	563 203	93 185 612	1,054	1,041	2 323 236	104 188	50 503	2 376 921	2 350 079

Годы	В фактических ценах, млн. руб. (до 1997 г. включительно – неденоминированных)				Индекс цен производителей в капитальном строительстве, в разгах к предыдущему году	Индекс фактической переоценки основных фондов, в разгах к предыдущему году	В сопоставимых ценах 1990 г., млн. неденоминированных руб.				
	Наличие на начало отчетного года	Введено в действие новых	Ликвидировано (списано)	Наличие на конец отчетного года			Наличие на начало отчетного года	Введено в действие новых	Ликвидировано (списано)	Наличие на конец отчетного года	Среднегодовая стоимость
2011	94 876 442	8 813 314	614 888	108 001 247	1,092	1,018	2 376 921	133 944	54 155	2 456 711	2 416 816
2012	108 819 425	10 338 476	702 185	121 268 908	1,070	1,008	2 456 711	146 804	61 379	2 542 136	2 499 424
2013	120 246 829	11 160 485	810 193	133 521 531	1,058	0,992	2 542 136	149 803	71 422	2 620 518	2 581 327
2014	133 352 499	10 887 946	1 044 973	147 429 656	1,048	0,999	2 620 518	139 518	92 235	2 667 800	2 644 159
2015	149 327 112	10 721 081	1 304 140	160 725 261	1,105	1,013	2 667 800	124 314	113 648	2 678 467	2 673 133
2016	164 494 574	13 256 290	1 274 050	183 403 693	1,066	1,023	2 678 467	144 188	108 482	2 714 172	2 696 319
2017	183 087 077	12 484 066	1 176 041	194 649 464	1,026	0,998	2 714 172	132 305	100 310	2 746 168	2 730 170
2018	197 208 176	14 907 930	1 404 147	210 940 524	1,047	1,013	2 730 170	150 898	118 212	2 778 854	2 762 511
2019	330 039 680	22 508 835	1 178 079	349 731 105	1,070	1,565	2 762 511	212 871	63 390	2 928 336	2 853 595
Источники:	ГМЦ Росстата				Расчеты авторов по методике Росстата [5]	Расчеты авторов по методике [5]					

Результаты эконометрического исследования макроэкономической производственной функции (3) за 1990-2019 гг. представлены в табл. 4.

Таблица 4.

Результаты эконометрического исследования макроэкономической производственной функции России с мировой ценой на нефть марки «Брент» (3) за 1990-2019 гг.

Временной промежуток, годы	Коэффициенты и в скобках <i>t</i> -статистики			$R^2$	<i>DW</i>
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		
1990-2000	0,00064 (-29)	0,76 (8)	0,003 (1,02)	0,92	1,80
1990-2001	0,00064 (30)	0,77 (9)	0,002 (0,95)	0,92	1,85
1990-2002	0,00064 (-32)	0,77 (9)	0,002 (1,15)	0,92	1,87
1990-2003	0,00064 (-33)	0,77 (9)	0,003 (1,59)	0,93	1,79
1990-2004	0,00064 (-33)	0,76 (10)	0,004 (2,63)	0,93	1,60
1990-2005	0,00064 (35)	0,76 (10)	0,004 (4)	0,95	1,69
1990-2006	0,00064 (-36)	0,76 (11)	0,004 (5)	0,96	1,69
1990-2007	0,00064 (-37)	0,76 (11)	0,004 (6)	0,97	1,67
1990-2008	0,00064 (39)	0,76 (11)	0,004 (8)	0,97	1,66
1990-2009	0,00071 (-27)	0,72 (8)	0,004 (7)	0,95	1,41
1990-2010	0,00071 (-28)	0,72 (8)	0,004 (8)	0,96	1,78
1990-2011	0,00076 (-26)	0,71 (7)	0,004 (7)	0,95	1,56
1990-2012	0,00080 (-25)	0,70 (7)	0,004 (6)	0,95	1,27
1990-2013	0,00082 (-24)	0,69 (7)	0,004 (6)	0,95	1,14
1990-2014	0,00082 (-25)	0,68 (7)	0,004 (6)	0,96	1,12
1990-2015	0,00066 (-28)	0,75 (8)	0,003 (6)	0,95	1,23
1990-2016	0,00058 (-32)	0,80 (10)	0,003 (6)	0,95	1,23
1990-2017	0,00057 (-35)	0,81 (11)	0,003 (6)	0,96	1,26
1990-2018	0,00057 (-37)	0,80 (12)	0,003 (6)	0,96	1,25
1990-2019	0,00058 (-41)	0,80 (13)	0,003 (7)	0,96	1,24

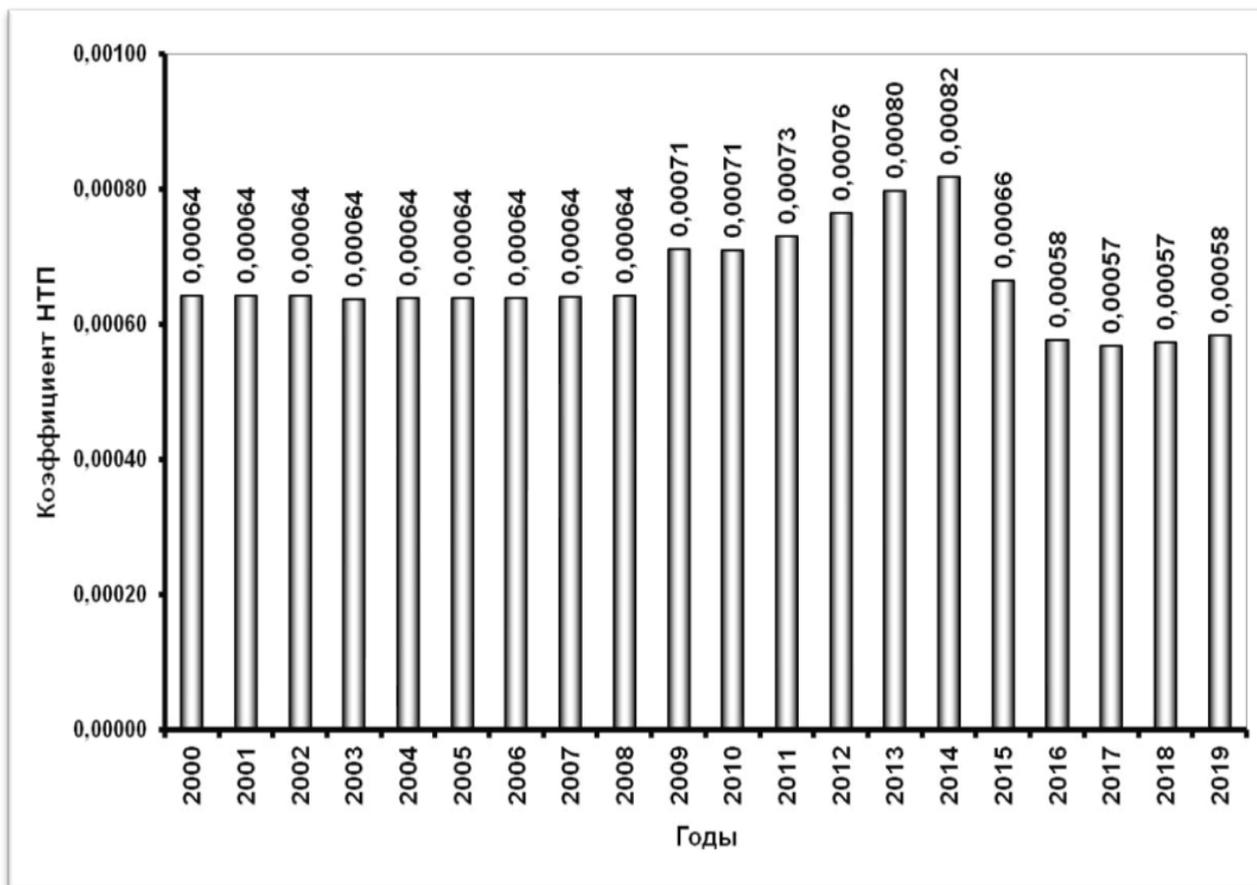


Рис. 5. Коэффициент нейтрального технического прогресса А функции (3), исследованной во временных промежутках с 1990 г. по 2000-2019 гг.

Источник: табл. 4.

Как можно видеть из табл. 4, макроэкономическая производственная функция (3) адекватно описывает процесс расширенного воспроизводства народного хозяйства России с точки зрения экономического смысла и с точки зрения классических критериев эконометрики.

Отметим, что коэффициенты производственной функции за 2018 и 2019 гг. почти не изменились по сравнению с 2016 и 2017 гг. Так, коэффициент нейтрального технического прогресса А остался на уровне 0,00057-0,00058, эластичность ВВП по основным фондам  $\beta$  – на уровне 0,80, а коэффициент при мировой цене марки «Брент»  $\gamma$  – на уровне 0,003 (рис. 5-7, табл. 4). Это свидетельствует об определенной стабилизации процесса расширенного воспроизводства народного хозяйства России в предкоронавирусный период 2016-2019 гг. после периода экономического спада 2015-2016 гг., сопровождавшегося снижением коэффициента нейтрального технического прогресса и ростом эластичности ВВП по основным фондам при достаточно стабильной зависимости от мировой цены на нефть (рис. 5-7).

Макроэкономическая производственная функция (3) имеет хорошую прогнозную силу (табл. 5). Действительно, значения средней арифметической ошибки APE располагаются в пределах от 1 до 7%, а средняя ошибка на 19 лет вперед составляет 4,5% (табл. 5, рис. 8-10).

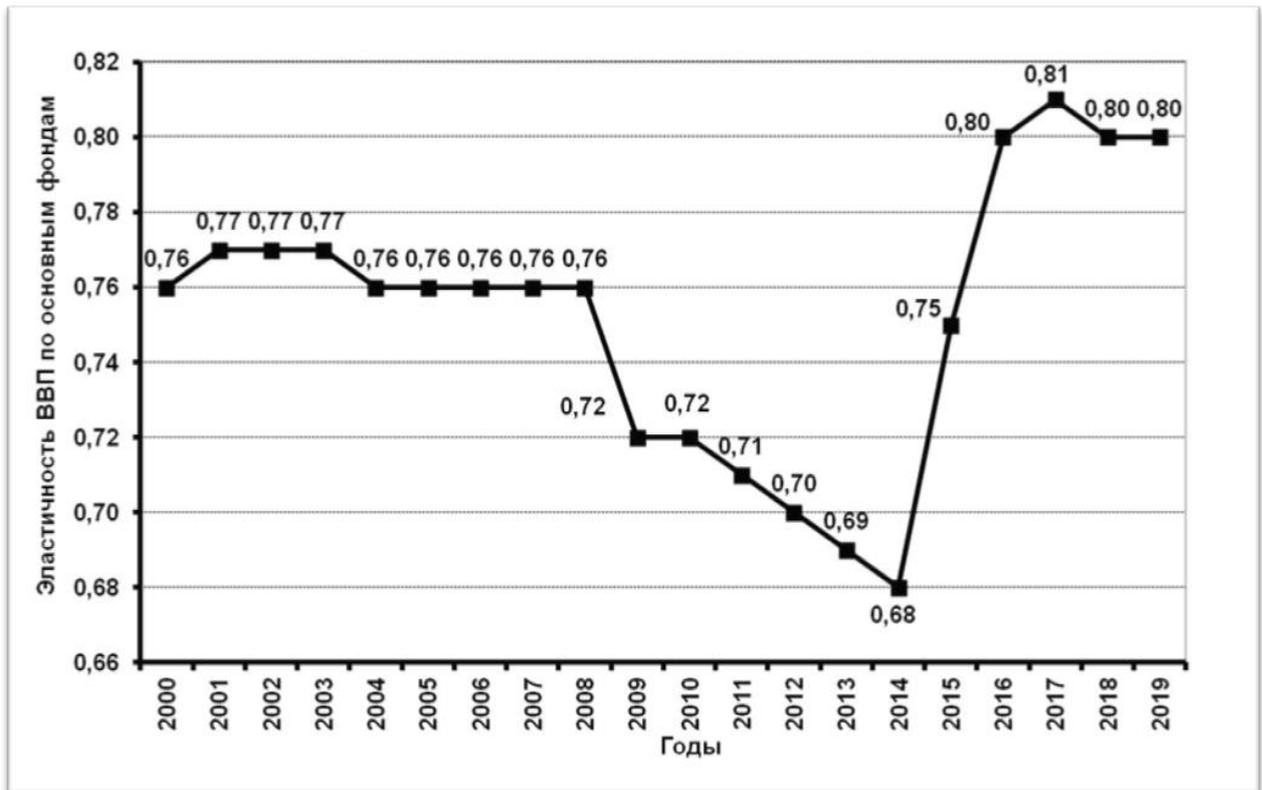


Рис. 6. Эластичность ВВП России по основным фондам  $\beta$  функции (3), исследованной во временных промежутках с 1990 г. по 2000-2019 гг.

Источник: табл. 4.

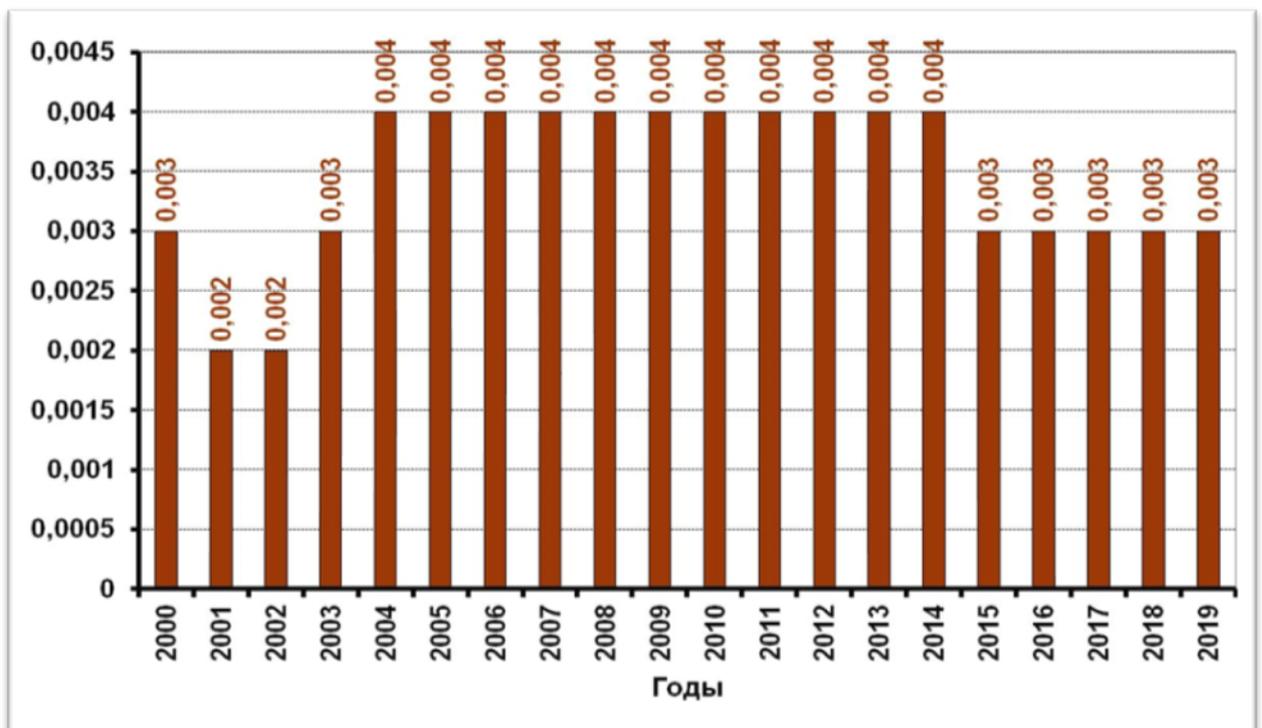


Рис. 7. Коэффициент при мировой цене на нефть марки «Брент»  $\gamma$  функции (3), исследованной во временных промежутках с 1990 г. по 2000-2019 гг.

Источник: табл. 4.

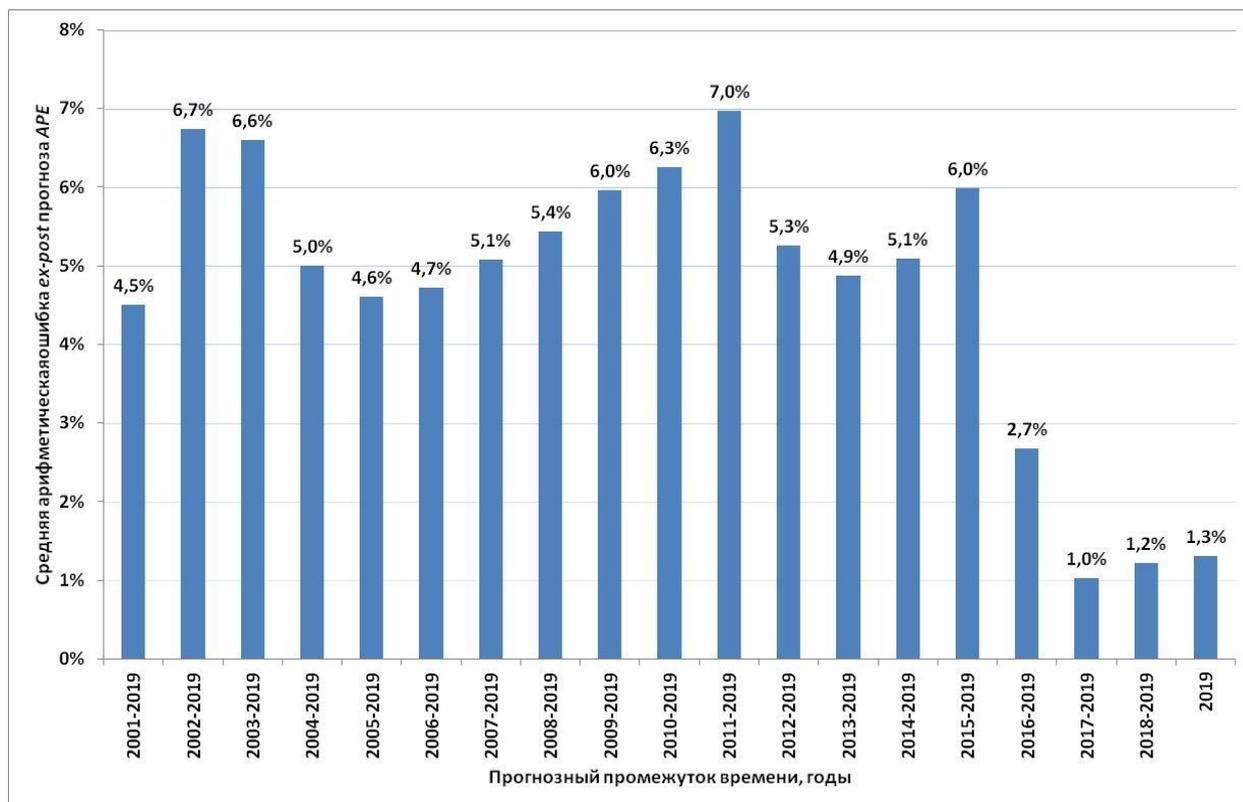


Рис. 8. Средние арифметические ошибки *ex-post* прогноза APE на 2001-2019 гг. по функции (3)

Источник: табл. 5.

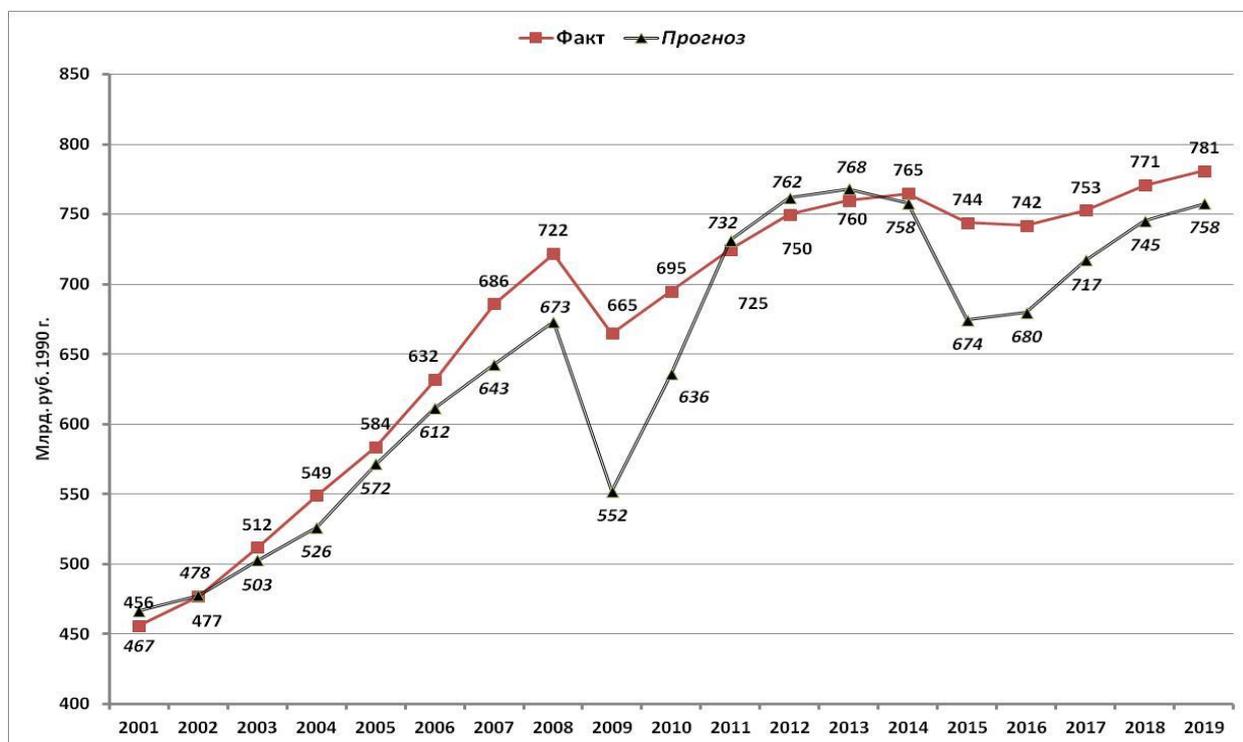


Рис. 9. Фактический и *ex-post* прогнозный ВВП России в сопоставимых ценах 1990 г. на 2001-2019 гг. по функции (3), исследованной в 1990-2000 гг. (табл. 2 и 4).

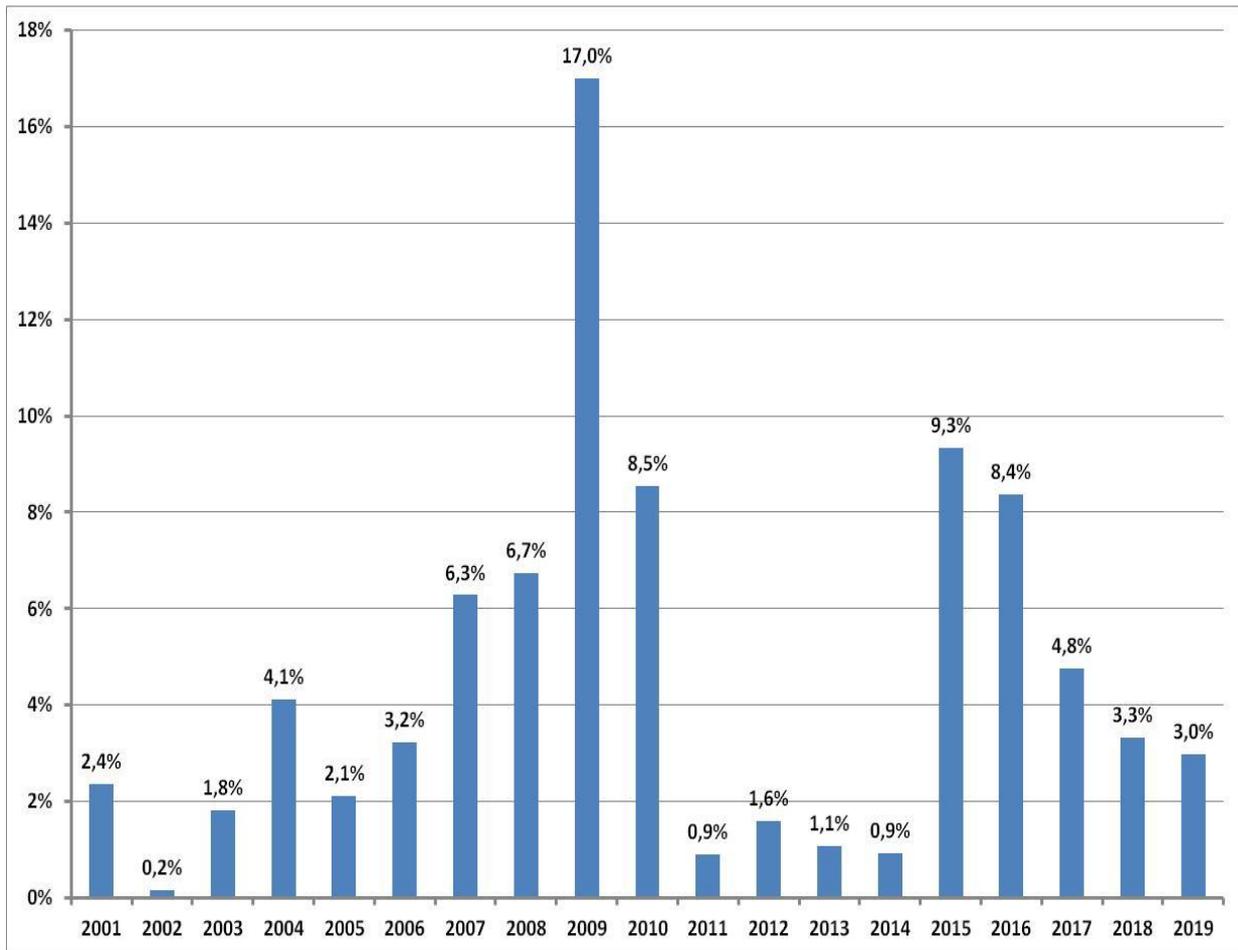


Рис. 10. Ошибки *ex-post* прогноза ВВП России в сопоставимых ценах 1990 г. на 2001-2019 гг. по функции (3), исследованной в 1990-2000 гг.

Источник: рис. 9.

Таблица 5

Ошибка *ex-post* прогноза АРЕ на 2001-2019 гг. по функции (3)

Год <i>ex-post</i> прогноза	Обучающая выборка за период с 1990 по год																		
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
2001	2,4%																		
2002	0,2%	0,5%																	
2003	1,8%	2,7%	2,5%																
2004	4,1%	5,4%	5,2%	4,1%															
2005	2,1%	4,3%	3,9%	2,0%	1,2%														
2006	3,2%	6,0%	5,5%	3,1%	1,0%	0,1%													
2007	6,3%	9,1%	8,6%	6,1%	1,9%	2,8%	2,9%												
2008	6,7%	10,5%	9,8%	6,5%	0,7%	2,0%	2,1%	0,6%											
2009	17,0%	19,0%	18,6%	16,9%	14,0%	14,6%	14,7%	13,9%	13,8%										
2010	8,5%	11,5%	10,9%	8,4%	3,9%	4,9%	5,0%	3,9%	3,7%	1,4%									
2011	0,9%	3,4%	2,6%	1,2%	7,9%	6,4%	6,3%	8,0%	8,3%	11,6%	12,0%								
2012	1,6%	2,8%	2,0%	1,9%	8,8%	7,2%	7,1%	8,9%	9,1%	12,4%	12,8%	9,5%							
2013	1,1%	3,2%	2,4%	1,4%	7,9%	6,5%	6,4%	8,0%	8,3%	11,3%	11,7%	8,5%	6,4%						
2014	0,9%	4,7%	4,0%	0,6%	5,1%	3,8%	3,7%	5,1%	5,4%	7,8%	8,2%	5,3%	3,4%	2,4%					
2015	9,3%	10,9%	10,6%	9,2%	7,1%	7,5%	7,6%	7,1%	7,0%	6,7%	6,6%	7,6%	8,5%	9,1%	9,4%				
2016	8,4%	9,6%	9,4%	8,3%	6,6%	7,0%	7,0%	6,7%	6,7%	6,8%	6,7%	7,5%	8,3%	8,9%	9,2%	6,8%			
2017	4,8%	6,5%	6,2%	4,6%	2,2%	2,7%	2,8%	2,2%	2,2%	2,0%	1,9%	3,1%	4,2%	4,9%	5,3%	2,7%	1,0%		
2018	3,3%	5,8%	5,4%	3,1%	0,5%	0,3%	0,3%	0,5%	0,6%	1,6%	1,8%	0,0%	1,4%	2,3%	2,7%	0,6%	0,8%	1,0%	
2019	3,0%	5,2%	4,8%	2,8%	0,3%	0,3%	0,4%	0,3%	0,4%	0,8%	1,0%	0,6%	1,9%	2,9%	3,3%	0,6%	1,2%	1,5%	1,3%
Средняя	4,5%	6,7%	6,6%	5,0%	4,6%	4,7%	5,1%	5,4%	6,0%	6,3%	7,0%	5,3%	4,9%	5,1%	6,0%	2,7%	1,0%	1,2%	1,3%

### Заключение

В своих предыдущих работах [3, 4] мы сделали эконометрические прогнозы на осень 2020 – лето 2021 гг. официально публикуемой суточной численности инфицированных уханьским коронавирусом жителей России на основе исследованной нами методом наименьших квадратов квадратичной экспоненты Гаусса, зависящей от времени. В данной статье мы проверили точность исполнения этих прогнозов на 12 октября 2020 г. – 20 марта 2021 г., которая составила в среднем 10-16%. Таким образом, исследованная нами квадратичная экспонента Гаусса в течение 5 месяцев указывает ориентиры (законы) динамики распространения уханьского коронавируса в России в виде прогнозных коридоров со средними ошибками 10-16%. Эта функция прогнозирует затухание (обнуление) эпидемического процесса второй (осеннее-летней) фазы распространения уханьского коронавируса в России к концу июля 2021 г. с общим количеством инфицированных жителей России на уровне 5–6,5 млн. чел.

Кроме того, мы провели эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции России за 1990-2019 гг., которое показало, что коэффициенты производственной функции за 2018 и 2019 гг. почти не изменились по сравнению с 2016 и 2017 гг. Это свидетельствует об определенной стабилизации процесса расширенного воспроизводства народного хозяйства России в предкоронавирусный период 2016-2019 гг. после периода экономического спада 2015-2016 гг., сопровождавшегося снижением коэффициента нейтрального технического прогресса и ростом эластичности ВВП по основным фондам при достаточно стабильной зависимости от мировой цены на нефть. Исследованная производственная функция обладает хорошей прогнозной силой: значения средней арифметической ошибки *ex-post* прогноза находятся в пределах от 1 до 7%, а средняя ошибка на 19 лет вперед составляет 4,5%.

Мы также предложили аналитическую модификацию народнохозяйственной производственной функции для 2020-2021 гг. в условиях распространения в России уханьского коронавируса, в которой среднегодовой уровень использования основных фондов является кусочно-линейной функцией не непосредственно прогнозных значений суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России (как в работе [4]), а суточной численности госпитализированных с признаками тяжелого общего респираторного синдрома (SARS) жителей, которая, в свою очередь, является возрастающей функцией прогнозных значений суточной численности зараженных.

Заместитель председателя Совета безопасности России Д.А. Медведев в своей статье [6, с. 21] отметил: «Коронавирусная инфекция, с которой мы столкнулись, уникальна, так как напрямую затронула все сферы нашей жизни. И в этот трудный период именно транспарентность является главным условием выживания. Нужно делиться научной и практической информацией, навыками, различного рода технологическими решениями». Мы надеемся, что результаты нашего исследования вносят посильный вклад в изучение, анализ и осмысление нового объекта – уханьского коронавируса – и могут быть использованы органами государственной власти, медицинскими и экономическими научно-исследовательскими институтами для прогнозирования человеческих и народнохозяйственных потерь от его распространения и разработки эффективных мер для их минимизации.

### Литература

1. Афанасьев А.А. Исполнение эконометрического прогноза суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей г. Москвы (26 апреля – 9 мая 2020 г.). [Электронный ресурс]. – URL: <https://istina.msu.ru/conferences/presentations/297636272/> (Дата обращения: 15.03.2021).

2. Афанасьев А.А. Эконометрическое прогнозирование суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей г. Москвы за период с марта по июль 2020 г. (версия от 25.04.2020, сокращенный вариант). [Электронный ресурс]. – URL: [https://corona.indem.ru/Forecast\\_CV-19\\_In\\_Moscow.pdf](https://corona.indem.ru/Forecast_CV-19_In_Moscow.pdf) (Дата обращения: 02.04.2021).
3. Афанасьев А.А. Эконометрическое прогнозирование на 2020-2021 гг. официально публикуемой суточной численности зараженных уханьским коронавирусом жителей России / В сб. Стратегическое планирование и развитие предприятий: пленарные доклады XXI всероссийского симпозиума. Москва, 9-10 ноября 2020 г. / под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера, к.э.н. А.А. Никоновой – М.: ЦЭМИ РАН, 2021. – С. 120-134.
4. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Производственная функция народного хозяйства с учетом транспортно-коммуникационной инфраструктуры и распространения уханьского коронавируса в России // Бизнес-информатика. – 2020. – Т. 14. – № 4. – С. 76-95.
5. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Народнохозяйственная производственная функция России в 1990-2017 гг. // Экономика и математические методы. – 2020. – Т. 56. – № 1. – С. 67-78.
6. Медведев Д.А. Сотрудничество в сфере безопасности в период пандемии нового коронавируса // Россия в глобальной политике. – 2020. – Т. 18. – № 4 (104). – С. 8-21.
7. Российский статистический ежегодник. 2019. Стат. сб. / Росстат. – М., 2019.
8. Российский статистический ежегодник. 2020. Стат. сб. / Росстат. – М., 2020.
9. Российский экономический барометр. Квартальный бюллетень. – 2020. – № 4.
10. Россия в цифрах. 2019: Крат. стат. сб. / Росстат. – М., 2019.
11. Chinese Academy of Sciences. (2020). Wuhan coronavirus has strong ability to infect humans. Press release, 21 January 2020. [Электронный ресурс]. – URL: [https://view.inews.qq.com/w2/20200121A0M08X00?tbkt=F&strategy=&openid=o04IBALMrLyGDx bWNOPODM1IfG-s&uid=&refer=wx\\_hot](https://view.inews.qq.com/w2/20200121A0M08X00?tbkt=F&strategy=&openid=o04IBALMrLyGDx bWNOPODM1IfG-s&uid=&refer=wx_hot) (Дата обращения: 15 марта 2020).
12. Jiang S., He Y., Liu S. SARS vaccine development // Emerging infectious diseases. – 2005. – Vol. 11. – No. 7. – Pp. 1016–1020.
13. Shereen M.A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses // Journal of Advanced Research. – 2020. – No. 24. – Pp. 91-98. – DOI: 10.1016/j.jare.2020.03.005. 23.
14. Bank Commodity. Price Data. (The Pink Sheet). March, 2021. [Электронный ресурс]. – URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/226371486076391711/CMO-Historical-Data-Annual.xlsx> (Дата обращения: 15 марта 2020).
15. Zhou P., Yang XL., Wang XG. et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin // Nature. – 2020. – Vol. 579. – Pp. 270-273.

#### **Об авторах**

*Афанасьев Антон Александрович*, доктор экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), Москва.

*Пономарева Ольга Станиславна*, старший научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), Москва.

#### **Для цитирования**

Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Распространение уханьского коронавируса (SARS-CoV-2) в России: макроэкономическая производственная функция с учетом мировой цены на нефть марки «Брент» // Проблемы рыночной экономики. – 2021. – № 1. – С. 24-46.

**DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2021-1-24-46>**

## Wuhan coronavirus (SARS-CoV-2) spread in Russia: macroeconomic production function in regard to Brent crude oil price

*Anton A. Afanasiev*, Dr. of Sci. (Econ.), Associate Professor  
e-mail: [aanton@cemi.rssi.ru](mailto:aanton@cemi.rssi.ru)

*Olga S. Ponomareva*  
e-mail: [fondf@cemi.rssi.ru](mailto:fondf@cemi.rssi.ru)

### Abstract

The new Wuhan coronavirus, named by virologists SARS-CoV-2, has become widespread all over the world since spring 2020 and has led to significant human and economic losses. In this regard, predicting the spread of the Wuhan coronavirus by studying the laws of its dynamics is an urgent social and macroeconomic problem. We checked the accuracy of the econometric forecasts performance for the autumn-spring phase of the Wuhan coronavirus spread in Russia, which we made earlier on the basis of the Gaussian quadratic exponent [3, 4]. Average forecast errors for October 15, 2021 – March 20, 2021 ranged from 10% to 16%. The Gaussian quadratic exponents studied by us for 5 months indicate the landmarks (laws) of the dynamics of the Wuhan coronavirus spread in Russia in the form of forecast corridors with average errors of 10-16%. Moreover, one of the studied functions accurately predicted the peak daily population (30.2 thousand people) on November 30, i.e. 24 days before reaching the actual peak on December 24 (29.9 thousand people). And another function predicted the peak date for the day (December 23) before the actual peak date (December 24), although its projected peak daily population (48 thousand people) was 18 thousand people higher than the actual one (30 thousand people). We also offered an analytical modification of the macroeconomic production function of Russia in regard to the Brent crude oil price by considering the average annual level of use of fixed assets as a piecewise linear function of the number of people hospitalized with symptoms of severe acute respiratory syndrome (SARS). This number is an increasing function of the daily number of Russian citizens infected with the Wuhan coronavirus. In addition, we conducted an econometric study of the macroeconomic production function of Russia in regard to the Brent crude oil price for the pre-coronavirus years (1990-2019). The results of the study showed that the coefficients of the production function for 2018 and 2019 are almost unchanged compared to 2016 and 2017. This indicates a certain stabilization of the process of expanded reproduction of the Russian national economy in the pre-coronavirus period of 2016-2019. That happened after a period of economic recession in 2015-2016, accompanied by a decrease in the coefficient of neutral technological progress and an increase in the GDP elasticity to fixed assets, along with a fairly stable dependence on the world oil price. The investigated production function has a good predictive power: the values of the arithmetic mean error of ex-post forecast range from 1 to 7%, and the mean error for 19 years ahead is 4.5%. Dmitri Medvedev noted in his article [6, p. 22]: «This coronavirus pandemic is a unique event as it directly affects all aspects of our lives. In this difficult period, transparency is the main prerequisite for survival. It is important to share scientific and practical information, skills and various technological solutions». We hope that the results of our research will contribute to the study, analysis and understanding of a new research object – the Wuhan coronavirus – and may be used by public authorities, medical and economic research institutes to predict human and economic losses due to the Corona-virus and to develop effective measures to minimize them.

**Keywords:** *econometric study, Russian economy, macroeconomic production function, Brent crude oil price, econometric forecasting, forecast execution, fall-summer phase, Wuhan coronavirus, SARS-CoV-2, COVID-19, factors capacity use rate, SARS-CoV, daily hospitalized with symptoms of SARS*

### References

1. Afanasiev A.A. Execution of the econometric forecast for the daily number of Moscow citizens infected with the Wuhan coronavirus (26 April – 9 May 2020). [Electronic resource]. – URL: <https://istina.msu.ru/conferences/presentations/297636272/> (Access date: 15.03.2021, in Russian).
2. Afanasiev A.A. Econometric forecasting of the daily number of Moscow citizens infected with the Wuhan coronavirus from March to July 2020 (abridged version of 25 April 2020). [Electronic resource]. – URL: [https://corona.indem.ru/Forecast\\_CV-19\\_In\\_Moscow.pdf](https://corona.indem.ru/Forecast_CV-19_In_Moscow.pdf) (Access date: 02.04.2021, in Russian).
3. Afanasiev A.A. Econometric forecasting of the officially published daily number of people infected with the Wuhan coronavirus in Russia for 2020-2021. In: Strategic planning and development of enterprises: plenary reports of the 21<sup>st</sup> Russian Symposium. Moscow, November 9-10, 2020 / ed. by G.B. Kleiner and. A.A. Nikonova. – Moscow: CEMI RAS, 2021. – Pp. 120-134. (In Russian).
4. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. Wuhan coronavirus spread in Russia: macroeconomic production function in regard to transport and communication infrastructure // Business Informatics. – 2020. – Vol. 14. – No 4. – Pp. 76-95. (In Russian).
5. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. The macroeconomic production function of Russia in 1990-2017 // Economics and Mathematical Methods. – 2020. – Vol. 56. – No. 1. – Pp. 67-78. (In Russian).
6. Medvedev D.A. Security Cooperation during the Novel Coronavirus Pandemic // Russia in Global Affairs. – 2020. – Vol. 18. – No 3. – Pp. 10-22. (In Russian).
7. Russian statistical yearbook 2019. Statistical handbook. Rosstat. – Moscow, 2019. (In Russian).
8. Russian statistical yearbook 2020. Statistical handbook. Rosstat. – Moscow, 2020. (In Russian).
9. Russian Economic Barometer. Quarterly Bulletin. – 2020. – No. 4. (In Russian).
10. Russia in figures 2019: Statistical handbook. Rosstat. – Moscow, 2019 (in Russian).
11. Chinese Academy of Sciences. (2020). Wuhan coronavirus has strong ability to infect humans. Press release, 21 January 2020. [Electronic resource]. – URL: [https://view.inews.qq.com/w2/20200121A0M08X00?tbkt=F&strategy=&openid=o04IBALMrLyGDxbWNOPoDM1IfG-s&uid=&refer=wx\\_hot](https://view.inews.qq.com/w2/20200121A0M08X00?tbkt=F&strategy=&openid=o04IBALMrLyGDxbWNOPoDM1IfG-s&uid=&refer=wx_hot) (Access date: 15.03.2020, In English).
12. Jiang S., He Y., Liu S. SARS vaccine development // Emerging infectious diseases. – 2005. – Vol. 11. – No. 7. – Pp. 1016-1020. (In English).
13. Shereen M.A., Khan S., Kazmi A., Bashir N., Siddique R. COVID-19 infection: Origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses // Journal of Advanced Research. – 2020. – No. 24. – Pp. 91-98. – DOI: 10.1016/j.jare.2020.03.005. 23. (In English).
14. Bank Commodity. Price Data. (The Pink Sheet). March, 2021. [Electronic resource]. – URL: <http://pubdocs.worldbank.org/en/226371486076391711/CMO-Historical-Data-Annual.xlsx> (Access date: 15.03.2020, In English).
15. Zhou P., Yang X-L., Wang X-G. et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin // Nature. – 2020. – Vol. 579. – Pp. 270-273. (In English).

### About authors

*Anton A. Afanasiev*, Doctor of Sci. (Econ.), Associate Professor, Leading researcher, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Science, Moscow.

*Olga S. Ponomareva*, Senior researcher, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow.

### For citation

Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. Wuhan coronavirus (SARS-CoV-2) spread in Russia: macroeconomic production function in regard to Brent crude oil price // Market economy problems. – 2021. – No. 1. – Pp. 24-46 (In Russian).

**DOI: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2021-1-24-46>**