

Макроэкономическая производственная функция России и оценка предельной нормы технологического замещения в беспрецедентных социально-экономических реалиях 2020–2022 гг.

А.А. Афанасьев 

E-mail: aanton@cemi.rssi.ru

О.С. Пономарева

E-mail: fondf@cemi.rssi.ru

Центральный экономико-математический институт Российской академии наук

Адрес: Россия, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47

Аннотация

В 2020–2022 гг. экономика России оказалась в новых беспрецедентных коронавирусных и санкционных условиях. Для оценки и прогнозирования сложившейся ситуации мы проводим эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции России за 1990–2022 гг. и оценку предельной нормы технологического замещения в условиях внутренних и внешних ограничений, связанных с распространением уханьского коронавируса (SARS-CoV-2) и проведением специальной военной операции России на Украине, сопровождающимся усилением санкционного давления на российскую экономику. Мы получили несколько результатов. В 1991–1996 гг. наблюдалось возрастание предельной нормы технологического замещения, а в 1997–2020 гг. – ее снижение кроме 2008–2009 и 2015 гг. В условиях широкого распространения уханьского коронавируса главными причинами спада 2020 г. и роста 2021 г. экономики России явились, прежде всего, колебания мировой цены на нефть, а не распространение коронавируса. Мы не нашли подтверждения тому, что снижение мировой цены нефти в 2020 г. было вызвано сокращением спроса на нее со стороны Китая, поскольку экспорт российской нефти в Китай вырос. Вопреки многим негативным прогнозам, результаты прогнозирования на 2022 г. ВВП России показывают, что в условиях резко возросшего санкционного давления при мировой цене нефти «Юралс» 60 долл./барр. в среднем темпы роста будут равны 0%, при 70 долл. – 4 %, а при 80 долл. – 7%. В условиях сокращения спроса на российский газ и выведения из строя

газопровода «Северный поток – 1» прогнозные на 2022 г. объемы валовой добычи природного газа «Газпромом» (без «Газпром нефти») в Тюменской области на основе исследованной эконометрическими методами степенно-показательной производственной функции составляют от 364 до 392 млрд. м³. На примере Великобритании, для которой в 2021 г. средние фактические экспортные цены на российскую нефть и газ были самыми низкими среди западноевропейских стран, мы обсуждаем экономическую нецелесообразность установления западными потребителями предельных цен на российские энергоносители.

Ключевые слова: российская экономика, макроэкономическая производственная функция, мировая цена на нефть, эконометрическое прогнозирование, коронавирусные ограничения, производственные мощности, добыча природного газа, экспорт нефти и газа, санкционные ограничения, потолок цен, экономическая политика Великобритании

Цитирование: Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Макроэкономическая производственная функция России и оценка предельной нормы технологического замещения в беспрецедентных социально-экономических реалиях 2020–2022 гг. // Бизнес-информатика. 2022. Т. 16. № 4. С. 82–104. DOI: 10.17323/2587-814X.2022.4.82.104

Введение

Эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции является одной из важнейших составляющих экономического анализа и прогнозирования динамики развития народного хозяйства любой страны, в том числе России. Особую актуальность такое исследование приобретает в беспрецедентных социально-экономических реалиях 2020–2022 гг., а именно: в условиях внутренних и внешних ограничений, связанных с распространением уханьского коронавируса (SARS-CoV-2) и проведением специальной военной операции России на Украине, сопровождающимся усилением санкционного давления на российское народное хозяйство со стороны многих наших западных и заокеанских соседей. Исследованию и построению экономико-математических моделей производственных функций посвящено немало работ российских и зарубежных ученых (например, [1–6]). В наших работах [7–9] была исследована производственная функция российской экономики с ценой на нефть марки «Брент» за 1990–2019 гг. Как известно, 2019 г. ознаменовался появлением, а 2020 г. – активным распространением уханьского коронавируса (Wuhan coronavirus), названного впоследствии вирусологами SARS-CoV-2 [9], во время эпидемии которого начался социально-экономический кризис, не обошедший стороной и Россию. После некоторого восстановления мирового хозяйства в 2021 г. социально-экономический кризис начал разгораться вновь с конца февраля 2022 г. вследствие резко усилившегося внешнеэкономиче-

ского и внешнеполитического давления на российское народное хозяйство со стороны большинства западных и заокеанских соседей России, выступающих против проведения специальной военной операции на Украине, начавшейся 24 февраля 2022 г. Таким образом, представляется актуальным провести эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции России за период 1990–2021 гг., охватывающий первые два года распространения уханьского коронавируса, и спрогнозировать на первый сверхсанкционный 2022 год ВВП России.

1. Производственная функция и статистические данные

Итак, во временном промежутке 1990–2021 гг. мы проводим эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции с мировой ценой на нефть марки «Брент» [7–9]

$$Y_t = A(n_t Z_t)^\gamma V_t^{1-\gamma} e^{\delta_0 t} \quad (1)$$

методом наименьших квадратов на основе статистических данных *таблицы 1*,

где Y_t – ВВП России в сопоставимых ценах 1990 г. в году t ;

Z_t – среднегодовая стоимость основных фондов экономики России в сопоставимых ценах 1990 г. в году t ;

n_t – среднегодовой уровень загрузки производственных мощностей в российской промышленности в году t ;

V_t – среднегодовая численность занятых в экономике России в году t ;

O_t – мировая цена на нефть марки «Брент» в долларах США 2010 г. в году t .

Статистические данные представлены в *таблице 1*. Методологические особенности обработки временных рядов исходных данных в целях их сопоставимости приведены ниже.

Таблица 1.

Статистические данные за 1990–2022 гг.

Год (t)	O_t , долл./бар.	n_t , %	Z_t , млн руб.	V_t , тыс. чел.	Y_t , млрд руб.
1990	28,65	100	1871649	75325	644
1991	24,50	100	1957288	73848	612
1992	23,14	73	2009054	72071	523
1993	19,72	74	2030396	70852	478
1994	18,91	61	2014984	68484	417
1995	18,57	60	1995229	66441	400
1996	22,90	54	1983823	65950	386
1997	22,22	54	1967098	64639	391
1998	15,48	55	1953216	63642	371
1999	22,10	62	1953747	63963	394
2000	35,54	66	1962932	64517	434
2001	31,89	69	1976006	64980	456
2002	32,99	70	1993845	65574	477
2003	36,24	73	2015564	65979	512
2004	45,05	74	2040209	66407	549
2005	62,07	76	2074736	66792	584
2006	72,72	78	2119496	67174	632
2007	76,18	80	2169707	68019	686
2008	94,95	77	2229842	68474	722
2009	64,13	65	2292706	67463	665
2010	79,64	72	2350079	67577	695
2011	99,97	78	2416816	67727	725
2012	101,61	79	2499424	67968	750
2013	99,21	78	2581327	67901	760
2014	91,59	77	2644159	67813	765
2015	53,65	75	2673133	68389	744
2016	46,98	77	2696319	68430	742
2017	55,91	79	2730170	68127	753
2018	70,01	78	2762511	68016	771
2019	64,37	79	2853595	67388	781
2020	42,73	79	2976450	65953	757
2021	70,04	84/75	3081807	67155	793
2022 (прогноз)	60/70/80*	85/76	3205079	66845	См. табл. 6

Источники: за 1990–2019 гг. см. [9], за 2020–2021 гг. см. табл. 2, 3, [10, с. 11], [11, с. 49, 260], [12], сайт Росстата (https://rosstat.gov.ru/labour_force).

* В 2022 г. мы используем прогнозные значения цены на нефть марки «Юралс» (без учета обесценивания доллара США) вместо значений цены нефти «Брент».

Среднегодовая стоимость основных фондов. Вычисление среднегодовой стоимости основных фондов за 2020–2021 гг. в сопоставимых ценах проводилось по той же методике, что и в наших предыдущих работах [7–9] (табл. 2). Заметим, что значение вычисленного нами по методике Росстата

среднегодового индекса цен в капитальном строительстве (ныне – на продукцию инвестиционного назначения) за 2020 г. (1,055) немного отличается от значения, представленного самим Росстатом (1,057), ввиду возможного уточнения им статистических данных.

Таблица 2.

**Среднегодовая стоимость основных фондов экономики России
в сопоставимых ценах 1990 г. за 2020–2021 гг.
(по полному кругу предприятий и организаций)**

Годы		2020	2021
По полной учетной стоимости в фактических ценах, млн руб. ¹⁾	Наличие на начало отчетного года	344 257 518	372 337 039
	Введено в действие новых	18 505 278	22 863 184
	Ликвидировано (списано)	1 275 458	1 515 663
	Наличие на конец отчетного года	361 804 806	397 315 582
Индекс цен производителей в капитальном строительстве, в разгах к предыдущему году ²⁾		1,055	1,051
Индекс фактической переоценки основных фондов, в разгах к предыдущему году ³⁾		0,984	1,029
По полной учетной стоимости в сопоставимых ценах 1990 г., млн неденоминированных руб. ³⁾	Наличие на начало отчетного года	2 928 336	3 024 564
	Введено в действие новых	165 949	194 993
	Ликвидировано (списано)	69 720	80 507
	Наличие на конец отчетного года	3 024 564	3 139 049
	Среднегодовая стоимость	2 976 450	3 081 807

Источники: ¹⁾ База данных ЕМИСС (<https://fedstat.ru/>); ²⁾ Расчеты авторов по методике Росстата; ³⁾ Расчеты авторов по методике [7–9].

Среднегодовая численность занятых. Вследствие изменения Росстатом с 2016 г. методики расчета среднегодовой численности занятых в экономике в целях сопоставимости значений временного ряда по этому показателю с 2017 г. мы вычисляем его на основе темпов роста измененных Росстатом данных.

Среднегодовой уровень загрузки производственных мощностей в российской промышленности. Отметим также, что в 2020–2021 гг. наблюдается значительная разнонаправленность динамики среднегодового уровня загрузки (использования) производственных мощностей по версии Российского экономического барометра (РЭБ), данные которого мы используем с 1992 г. [10, с. 11], и по версии Росстата. Так, по данным Российского экономического барометра, среднегодовой уровень загрузки производственных мощностей воз-

рос с 79% в 2020 г. до 84% в 2021 г., что является наивысшим показателем с 1992 г. [13]. Вместе с тем, средний уровень использования производственных мощностей промышленных предприятий (ОКВЭД С + D + E) n_{Rt} снизился с 62% в 2020 г. до 59% в 2021 г. Для его вычисления нами на основе данных Росстата была использована формула

$$n_{Rt} = \frac{n_{Ct}Z_{Ct} + n_{Dt}Z_{Dt} + n_{Et}Z_{Et}}{Z_{Ct} + Z_{Dt} + Z_{Et}},$$

где n_{Ct} , n_{Dt} , n_{Et} – средние арифметические значения среднемесячного уровня использования производственных мощностей за 12 месяцев в году t по ОКВЭД С, D и E соответственно;

Z_{Ct} , Z_{Dt} , Z_{Et} – среднегодовое наличие основных фондов в постоянных ценах в году t по ОКВЭД С, D и E соответственно.

Расхождения в динамике показателя может быть вызвано тем, что в выборке Российского экономического барометра преобладают предприятия обрабатывающих производств [14], а в выборке Росстата наибольший вес имеют основные фонды добывающих производств (38%), на долю которых приходится наибольшее снижение уровня использования среднегодовой производственной мощности: с 64% в 2020 г. до 59% в 2021 г. (табл. 3). Вместе с тем нам неизвестно, включены ли в состав выборки Росстата предприятия нефтегазодобывающей промышленности, по производственным мощно-

стям которых Росстат не публикует данные. Таким образом, нам представляется целесообразным при эконометрическом исследовании функции (1) за 1990–2021 гг. использовать в 2021 г. два значения среднегодового уровня использования производственных мощностей: первое – по версии Российского экономического барометра, равное 84%, а второе – это значение, равное 75% и полученное путем умножения значения показателя за 2020 г. по версии Российского экономического барометра (79%) на темп роста показателя за 2021 г. по версии Росстата ($59\%/62\% = 0,952$) (табл. 3).

Таблица 3.

Среднегодовой уровень загрузки производственных мощностей в российской промышленности

Годы	n_{Ct}	n_{Dt}	n_{Et}	Z_{Ct}	Z_{Dt}	Z_{Et}	n_{Rt}	$\frac{n_{Rt}}{n_{Rt-1}}$	Пересчет n_t РЭБа
2020	64	61	60	43390182	40706473	30820307	62,14	–	79
2021	59	60	59	47718229	45125113	33547120	59,19	0,95247798	75
2022 (9 мес.)	58	61	62	нет данных	нет данных	нет данных	60,00	1,013725079	76

Источники: База данных ЕМИСС (<https://fedstat.ru/>), сайт Росстата (https://rosstat.gov.ru/leading_indicators), [10, с. 11].

Примечание: для вычисления уровня загрузки производственных мощностей за 9 месяцев 2022 г. использовались основные фонды за 2021 г.

2. Результаты исследования: эконометрический и экономический анализ

Результаты проведенного эконометрического исследования функции (1) можно видеть в таблице 4 и на рисунках 1–2.

1. За период 1990–2020 гг., включающий первый коронавирусный год, МНК-оценки коэффициентов производственной функции (1) почти не изменились по сравнению с 1990–2019 гг.: немного вырос коэффициент нейтрального технического прогресса A с 0,00058 до 0,00059, эластичность ВВП по основным фондам γ осталась на уровне 0,80, а коэффициент при мировой цене на нефть марки «Брент» δ остался равным 0,003. В 1990–2020 гг. все аргументы производственной функции остаются статистически значимыми по критерию Стьюдента (рис. 1, 2). По сравнению с 1990–2019 гг. значения t -статистик выросли при коэффициенте нейтрального технического прогресса и эластичности ВВП по основным фондам, а при мировой цене на нефть марки «Брент»

они остались неизменными. Остались на прежнем уровне значения коэффициента детерминации ($R^2 = 0,96$) и статистики Дарбина–Ватсона ($DW = 1,24$).

2. За период 1990–2021 гг., включающий первый и второй коронавирусный годы, проведено два варианта эконометрического исследования параметров производственной функции (1) по причине значительных различий в направлениях динамики за 2020–2021 гг. статистических данных Российского экономического барометра и Росстата о среднегодовом уровне загрузки (использования) производственных мощностей в российской промышленности.

2.1. При среднегодовом уровне загрузки производственных мощностей в 2021 г., опубликованном Российским экономическим барометром и равном 84%, в 1990–2021 гг. наблюдается рост коэффициента нейтрального технического прогресса до 0,00067, снижение эластичности ВВП по основным

Таблица 4.

**Результаты эконометрического исследования
функции (1) за 1990–2021 гг.**

Временной промежуток, годы	Коэффициенты и (в скобках) <i>t</i> -статистики			R^2	DW
	A	δ	γ		
1990–2019	0,00058 (–41)	0,80 (13)	0,003 (7)	0,96	1,24
1990–2020	0,00059 (–47)	0,80 (15)	0,003 (7)	0,96	1,24
При уровне загрузки производственных мощностей $z_{2021} = 84\%$					
1990–2021	0,00067 (–47)	0,75 (14)	0,003 (7)	0,96	1,18
При уровне загрузки производственных мощностей $z_{2021} = 75\%$					
1990–2021	0,00060 (–49)	0,79 (15)	0,003 (7)	0,96	1,22

Источники: за 1990–2019 гг. [9], за остальные годы расчеты авторов на основе данных таблицы 1.

Примечание. Результаты исследования на интервалах с 1990 по 2000–2018 гг. см. в [9] и на рис. 1 и 2.

фондам до 0,75 и постоянство коэффициента при мировой цене на нефть марки «Брент» на уровне 0,003 (рис. 1, 2). На уровне предыдущего года остается и коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$), в тоже время снизилось значение статистики Дарбина–Ватсона ($DW = 1,18$).

2.2. При среднегодовом уровне загрузки производственных мощностей в 75%, вычисленном за 2021 г. на основе умножения уровня 2020 г. на темп снижения уровня использования среднегодовой мощности (рассчитанного в свою очередь на основе данных Росстата), наблюдается незначительное изменение двух параметров производственной функции по сравнению с 2020 г. Так, коэффициент нейтрального технического прогресса вырос с 0,00059 до 0,00060, эластичность ВВП по основным фондам снизилась с 0,80 до 0,79, а коэффициент при мировой цене на нефть марки «Брент» не изменился и остался на уровне 0,003 (рис. 1, 2). Также остался неизменным коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$), незначительно снизилось значение статистики Дарбина–Ватсона ($DW = 1,22$).

Таким образом, в течение 1990–2021 гг. при двух рассмотренных значениях уровня загрузки производственных мощностей предприятий российской промышленности остается неизменной степень за-

висимости ВВП России от мировой цены на нефть. Уровень загрузки в 75% почти не влияет на вклад труда и капитала в расширенное воспроизводство ВВП и на инновационное развитие экономики. Однако при уровне загрузки в 84% инновационное развитие народного хозяйства ускоряется, вклад капитала в расширенное воспроизводство российской экономики падает, а вклад труда, наоборот, возрастает, т.е. происходит определенное вытеснение капитала трудом. В связи с этим нам представляется актуальным провести оценку предельной нормы технологического замещения факторов производства в российской экономике.

3. Предельная норма технологического замещения в 1990–2020 гг.

Вычислим предельную норму технологического замещения капитала трудом по формуле [15]

$$MTRS_t = \frac{\gamma}{1-\gamma} \cdot \frac{V_t}{n_t z_t}, \quad (2)$$

во временном промежутке 1990–2020 гг. на основе статистических данных из таблицы 1 и МНК-оценки эластичности ВВП по основным фондам функции (1) за 1990–2020 гг. Результаты расчетов представлены в таблице 5 и на рисунке 3.

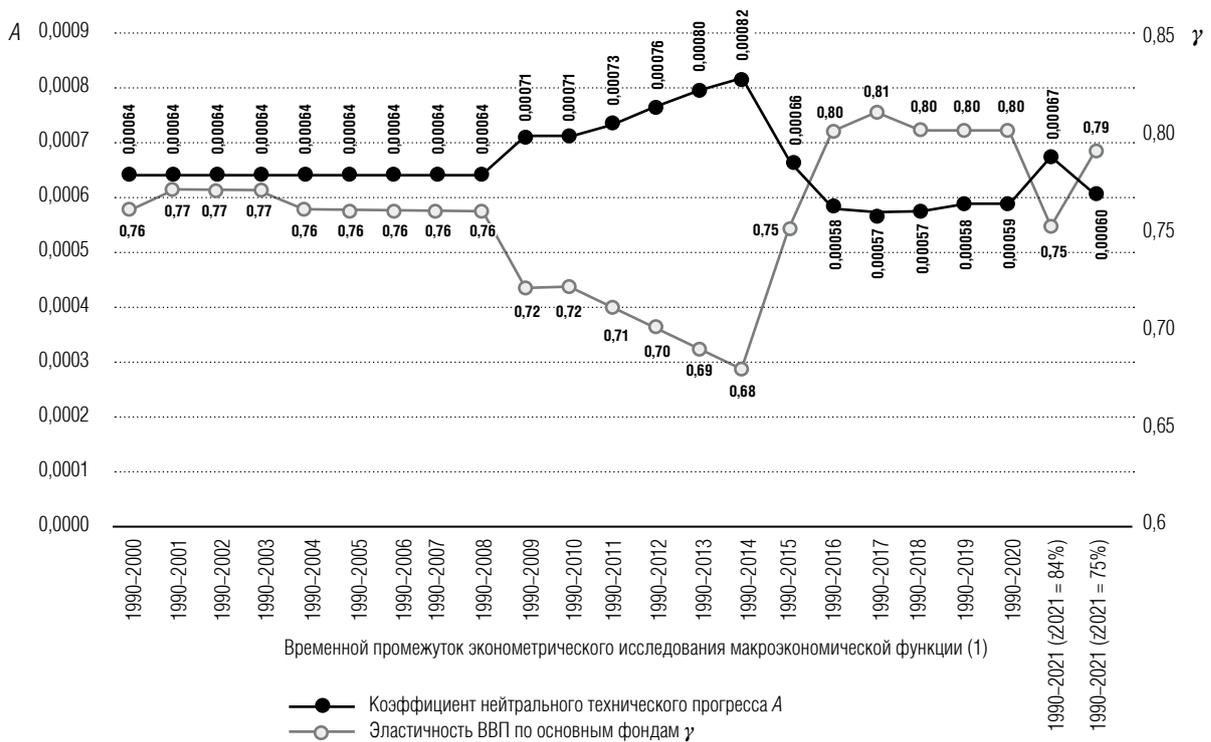


Рис. 1. Коэффициенты A и γ функции (1) в 1990–2021 гг.

Источник: [9] и таблица 4.

Коэффициент при мировой цене на нефть марки «Брент» δ

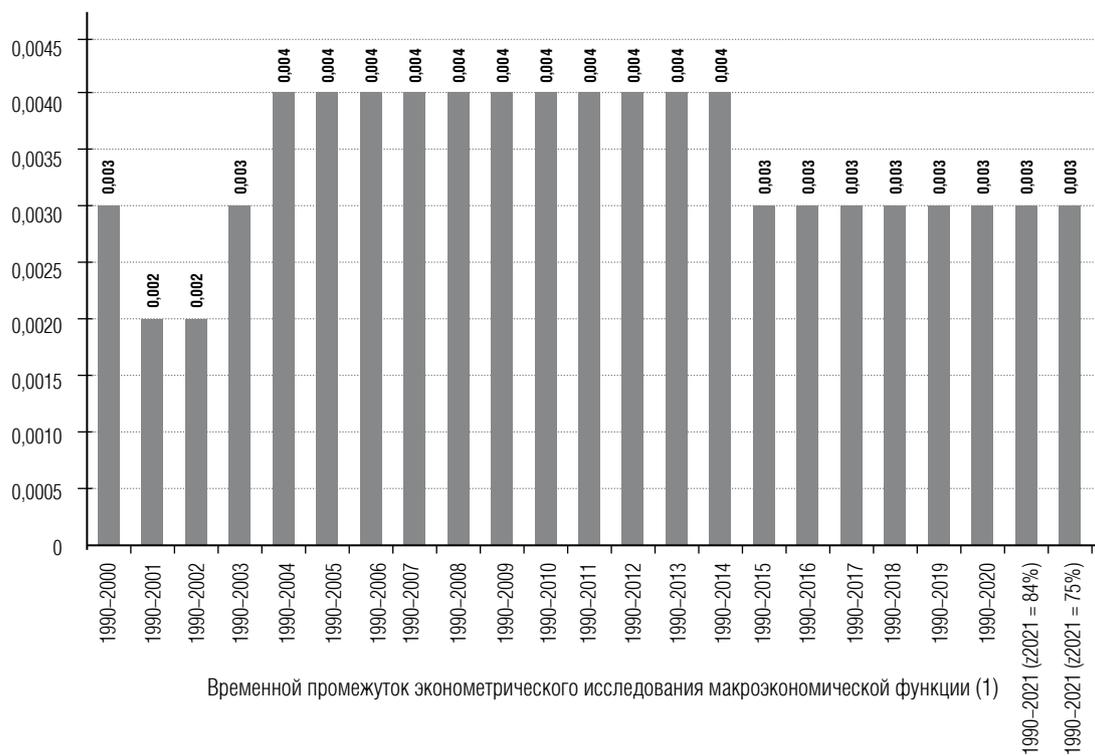


Рис. 2. Коэффициент δ функции (1) в 1990–2021 гг.

Источник: [9] и таблица 4.

Таблица 5.
**Предельная норма технологического
 замещения факторов производства
 в 1990–2020 гг.**

Годы	$\frac{\gamma}{1-\gamma}$	$\frac{n_i Z_i}{V_i}$	$MTRS_i$
1990	4	24,8	0,161
1991	4	26,5	0,151
1992	4	20,3	0,197
1993	4	21,2	0,189
1994	4	17,9	0,223
1995	4	18,0	0,222
1996	4	16,2	0,246
1997	4	16,4	0,243
1998	4	16,9	0,237
1999	4	18,9	0,211
2000	4	20,1	0,199
2001	4	21,0	0,191
2002	4	21,3	0,188
2003	4	22,3	0,179
2004	4	22,7	0,176
2005	4	23,6	0,169
2006	4	24,6	0,163
2007	4	25,5	0,157
2008	4	25,1	0,160
2009	4	22,1	0,181
2010	4	25,0	0,160
2011	4	27,8	0,144
2012	4	29,1	0,138
2013	4	29,7	0,135
2014	4	30,0	0,133
2015	4	29,3	0,136
2016	4	30,3	0,132
2017	4	31,7	0,126
2018	4	31,7	0,126
2019	4	33,5	0,120
2020	4	35,7	0,112

Источник: вычислено авторами на основе формулы (2) и данных из таблиц 1, 4.

Как известно, в рыночной экономике при постоянном объеме выпуска и прочих равных условиях предельная норма технологического замещения факторов производства имеет тенденцию к снижению. И хотя мы исследуем предельную норму при изменяющемся объеме ВВП, мы можем сделать следующие выводы. В 1991–1996 гг. наблюдается возрастающий тренд этого показателя, что связано, на наш взгляд, со структурной трансформацией экономики России в условиях перехода от плановых к рыночным условиям хозяйствования, сопровождающегося масштабным разгосударствлением собственности. В 1997–2020 гг. в целом наблюдается нисходящий тренд за исключением 2008–2009 гг. и 2015 г. В 2008–2009 гг. народное хозяйство России, как и вся мировая экономика, испытало на себе финансово-экономический кризис, и рост предельной нормы технологического замещения явился следствием адаптации экономики России к его последствиям. С 2014 г. после воссоединения Крыма с Россией экономика нашей страны подверглась значительному внешнеэкономическому давлению со стороны большинства наших европейских и заокеанских соседей, и поэтому некоторый рост предельной нормы замещения в 2015 г. иллюстрирует приспособление российского народного хозяйства к новым санкционным условиям, которое оказалось достаточно успешным. Заметим, что в 2020 г., в период широкого распространения уханьского коронавируса, предельная норма продолжала снижаться, что косвенно свидетельствует о том, что экономика России легче смогла адаптироваться к коронавирусным, чем к санкционным ограничениям 2014 г., хотя и те и другие сопровождалась экономическим спадом.

4. *Ex-post* прогнозы на 2020–2021 гг. ВВП России: причины спада 2020 г. и роста 2021 г.

Как отмечалось нами ранее, отличительной особенностью макроэкономической производственной функции (1) в 2001–2019 гг. является не только близость *ex-post* прогнозных значений ВВП к фактическим, но и совпадение динамики *ex-post* прогнозного выпуска с динамикой фактического [7–9]. Такая близость и одинаковое направление динамики наблюдаются и в 2020–2021 гг. (табл. 6, рис. 4).

Действительно, *ex-post* прогнозы по всем обучающим выборкам показывают снижение ВВП России в 2020 г. и его рост в 2021 году, причем при уровне загрузки производственных мощностей в 84% *ex-post* прогнозный ВВП растет большими темпами,

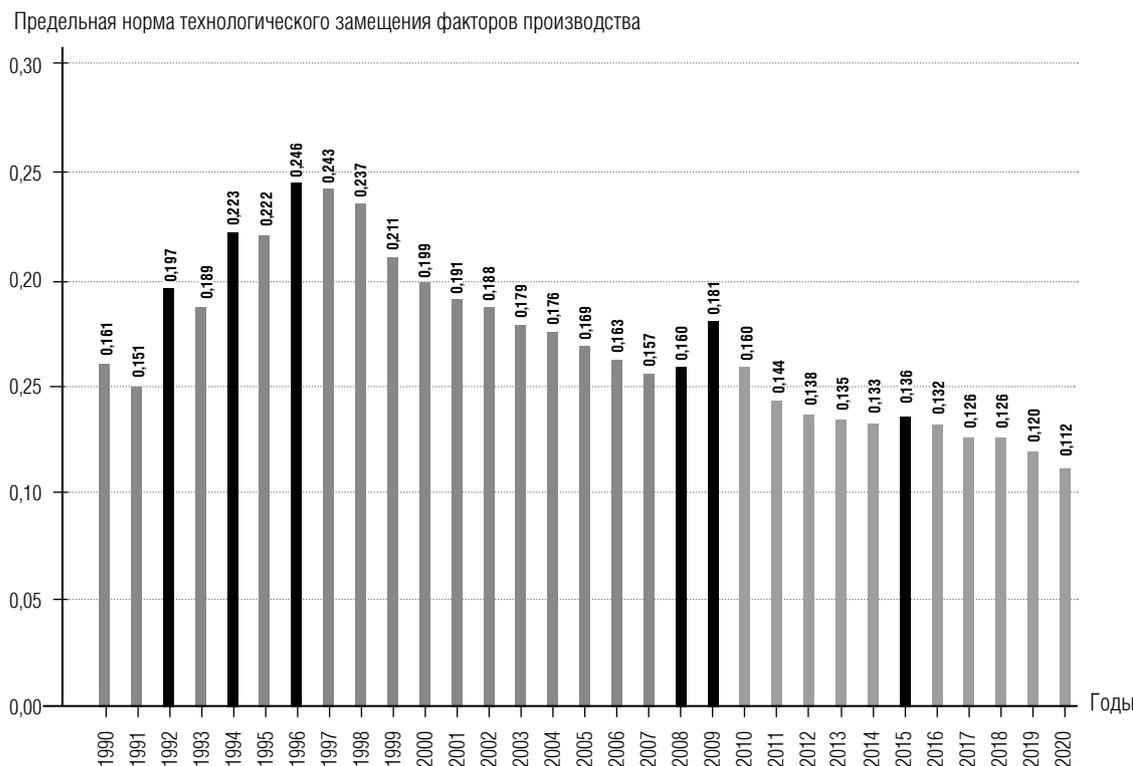


Рис. 3. Оценка предельной нормы технологического замещения в России на основе функции (1) в 1990–2020 гг. Источник: табл. 5.

чем при уровне загрузки в 75% (табл. 6). Таким образом, становится понятным, почему значения средних ошибок *ex-post* прогноза по экзаменуемым выборкам до 2021 г. при 84% уровне загрузки превышают средние ошибки при 75% уровне. Средние ошибки по экзаменуемым выборкам до 2020 г. располагаются в диапазоне от 0,5% до 6,6%. На фоне постоянства в 1990–2020 гг. МНК-оценок макроэкономической производственной функции (1) основной причиной снижения ВВП в 2020 г. служит падение мировой цены на нефть с 64,37 долл./барр. в 2019 г. до 42,73 долл./барр. в 2020 г. Таким образом, мы не можем утверждать, что распространение уханьского коронавируса послужило основной причиной экономического спада в России. Вместе с тем, введенные центральными и региональными властями с конца марта – по начало июня 2020 г. карантинные и изоляционные ограничения оказали заметное отрицательное влияние на деятельность предприятий общественного питания, торговли непродовольственными товарами, сферы услуг и некоторых видов транспорта [16, с.

252, 260; 17]. Наибольший ущерб был нанесен малым и средним предприятиям этих и других отраслей народного хозяйства.

Существует широко распространенная точка зрения, что пандемия COVID-19, возникшая в конце 2019 г. в китайском Ухане, и введенные для предотвращения ее распространения властями КНР строгие карантинно-изоляционные ограничения привели к снижению спроса на нефть и нефтепродукты со стороны Китая, что в значительной степени способствовало снижению мировой цены на нефть и мировой рецессии [18]. Однако против такой точки зрения свидетельствует следующий факт. По данным ФТС России¹, экспорт российской сырой нефти в Китай вырос с 70,6 млн. тонн в 2019 г. до 75,3 млн. тонн в 2020 г. (в 2021 г. объем экспорта составил 71,0 млн. тонн), а экспорт российского природного газа увеличился с 0,3 млрд. м³ в 2019 г. до 3,5 млрд. м³ в 2020 г. и до 8 млрд. м³ в 2021 г. Таким образом, в 2020 г. имело место увеличение спроса на нефть и газ из России со стороны Китая, находящегося в условиях жестких карантинных

¹ См. сайт ФТС РФ (<http://stat.customs.gov.ru/analysis>).

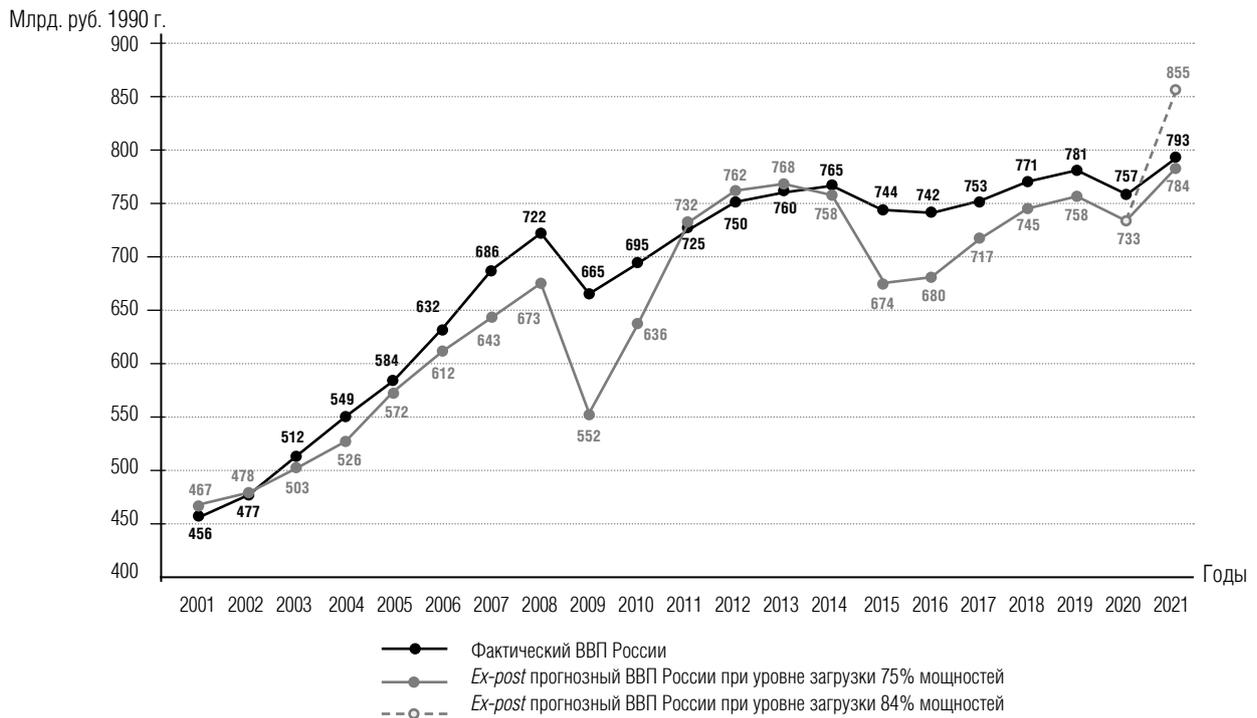


Рис. 4. Динамика ex-post прогнозного на 2001–2021 гг. и фактического ВВП России при уровнях загрузки производственных мощностей 75% и 84% в 2021 г.

ограничений, что не подтверждает идею о том, что уханьский коронавирус является одной из основных причин падения мировой цены на нефть через снижение спроса на нее со стороны Китая. Наша точка зрения подтверждается еще и результатами эконометрического исследования [19], где не обнаружено прямого влияния распространения уханьского коронавируса на мировой рынок и цену нефти, а лишь выявлена обратная зависимость между частотой упоминания его эпидемии в поисковых системах Интернета и мировой ценой на нефть.

Возвращаясь к прогнозной силе макроэкономической производственной функции России (1), следует отметить, что увеличение ex-post прогнозного ВВП в 2021 г. было вызвано главным образом ростом мировой цены на нефть с 42,73 долл./барр. в 2020 г. до 70,04 долл./барр. в 2021 г. Кроме того, росту способствовало повышение среднегодовой численности занятых с 66 млн. чел. в 2020 г. до 66,9 млн. чел. в 2021 г. Рост ex-post прогнозного ВВП в первом варианте прогноза был усилен увеличением среднегодового уровня загрузки производственных мощностей с 79% в 2020 г. до 84% в 2021 г., а во втором варианте прогноза рост был несколько ослаблен снижением уровня загрузки до 75% в 2021 г. (рис. 4). Средние ошибки ex-post прогноза на 2021 г. по функции (1)

при уровне загрузки мощностей в 75% изменяются в пределах от 1,4% до 6,5%, а при уровне загрузки в 84% – в пределах от 3,4% до 12,9%.

Таким образом, согласно результатам проведенного эконометрического исследования функции (1) и ex-post прогнозирования на ее основе, главными причинами спада 2020 г. и роста 2021 г. в России явились колебания мировой цены на нефть.

Вместе с тем, с конца февраля текущего 2022 г. российская экономика подверглась многократно возросшему санкционному давлению вследствие несогласия правительств ряда европейских и американских стран с начавшейся 24 февраля 2022 г. специальной военной операцией России на Украине. Это санкционное давление усугубилось еще и организованными международными террористами взрывами на жизненно важных объектах российской и международной транспортной инфраструктуры, которые вывели из действия частично Крымский мост и полностью объекты магистрального трубопроводного транспорта газа ПАО «Газпром» – «Северный поток – 1» и одну из двух ниток готового к эксплуатации «Северного потока – 2» (в соответствии с терминологией, принятой в компании, здесь и далее под ПАО «Газпром» нами понимается голов-

Таблица 6.

Ex-rost прогнозы на 2019–2021 гг. и прогнозы на 2022 г. ВВП России

Прогноз на год	Цена на нефть «Юрале», долл. США баррель	Уровень загрузки производственных мощностей, %	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
			Ex-rost прогнозный ВВП, млрд. руб. 1990 г.																							
2019			758	740	744	759	784	778	784	784	784	787	789	776	766	759	755	777	791	792	791					
2020			733	725	726	733	743	741	741	742	742	735	735	730	723	716	713	742	762	764	763	761				
2021		75	784	764	768	786	815	809	808	815	816	821	823	808	795	787	784	806	820	822	821	819	818			
2021		84	855	833	838	857	888	881	881	888	889	890	892	876	861	851	846	877	898	901	899	897	896			
Прогнозный ВВП, млрд. руб. 1990 г.																										
2022	60	75	793	777	780	794	816	811	811	816	816	815	816	805	794	785	781	810	829	831	830	827	826	823		
2022	60	84	863	846	850	865	888	883	883	888	888	883	885	871	858	848	843	881	907	910	908	905	903	880		
2022	70	75	815	794	798	817	847	840	840	847	848	851	853	837	824	815	811	837	855	857	855	853	852	849		
2022	70	84	888	866	870	890	922	915	915	922	923	922	924	907	891	880	875	910	935	938	936	933	932	909		
2022	80	75	839	812	818	841	879	871	870	879	880	889	891	871	855	845	841	865	881	883	882	880	879	876		
2022	80	84	913	885	891	916	957	948	947	957	958	963	966	943	925	913	907	941	964	967	965	962	961	939		
Прогнозные темпы роста ВВП, в размах к предыдущему году																										
2022	60	75	1,01	1,02	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00		
2022	60	84	1,01	1,02	1,01	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00		
2022	70	75	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04		
2022	70	84	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04		
2022	80	75	1,07	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07		
2022	80	84	1,07	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07		
Ошибки ex-rost прогноза																										
2020			3,2%	4,2%	4,0%	3,1%	1,9%	2,1%	2,1%	1,9%	2,0%	2,9%	2,9%	3,6%	4,5%	5,4%	5,8%	2,0%	0,7%	1,0%	0,8%	0,5%				
2021		75	1,1%	3,7%	3,2%	0,9%	2,8%	2,0%	1,9%	2,8%	2,9%	3,5%	3,7%	1,8%	0,3%	0,8%	1,2%	1,6%	3,4%	3,7%	3,5%	3,3%	3,2%			
2021		84	7,8%	5,1%	5,6%	8,1%	12,0%	11,1%	11,1%	12,0%	12,1%	12,3%	12,5%	10,4%	8,6%	7,3%	6,7%	10,6%	13,3%	13,6%	13,4%	13,1%	12,9%			
Средние ошибки ex-rost прогноза																										
2020			4,4%	6,6%	6,5%	4,9%	4,4%	4,6%	4,9%	5,2%	5,6%	6,0%	6,6%	5,1%	4,8%	5,1%	6,0%	2,5%	0,9%	0,8%	1,0%	0,5%				
2021		75	4,3%	6,5%	6,3%	4,7%	4,3%	4,4%	4,7%	5,0%	5,4%	5,8%	6,3%	4,8%	4,3%	4,6%	5,3%	2,4%	1,4%	1,8%	1,9%	1,9%	3,2%			
2021		84	4,6%	6,5%	6,4%	5,1%	4,9%	5,0%	5,3%	5,7%	6,1%	6,5%	7,1%	5,6%	5,2%	5,4%	6,1%	3,9%	3,4%	4,0%	5,2%	6,8%	12,9%			

Применение. Ошибки ex-rost прогноза и их средние значения вычислены по формулам [9, с. 27–28].

Прогнозный на 2022 темп роста ВВП рассчитан как отношение прогнозного на 2022 г. ВВП к ex-rost прогнозируемому на 2021 г. ВВП.

ная компания, а под «Газпромом» – группа, включающая головную компанию и ее дочерние общества).

Сложившиеся сложные условия требуют от экономики России, и в том числе от российского правительства и предпринимательства, новых решений по успешному и эффективному преодолению негативных последствий от введенных и вновь вводимых извне внешнеэкономических, внешнеполитических и финансовых ограничений. Среди них – увеличение благосостояния населения и поддержание положительных темпов экономического роста. Между тем, по оценкам Росстата, объем ВВП России в первом полугодии 2022 г. снизился на 0,4% по отношению к аналогичному периоду 2021 г. [20, с. 6]. Нам представляется крайне важным и актуальным дать прогноз на 2022 год ВВП России на основе исследованной нами макроэкономической функции России.

5. Прогнозирование на 2022 г. ВВП России

Для прогнозирования ВВП России на 2022 г. значения аргументов макроэкономической производственной функции (1) мы выбираем следующим образом (табл. 1).

1. *Среднегодовая стоимость основных фондов.* Мы предполагаем, что среднегодовая стоимость основных фондов в сопоставимых ценах 1990 г. растет тем же среднегодовым темпом, что и в 2020 и 2021 гг. За эти годы среднегодовой темп равен 4%. Тогда прогнозная среднегодовая стоимость основных фондов российской экономики (в сопоставимых ценах 1990 г.) в 2022 г. составит 3205079 млн. руб. (табл. 1).

2. *Уровень загрузки производственных мощностей в российской промышленности.* Уровень загрузки производственных мощностей предприятий российской промышленности вычисляется, как и для 2021 г., в двух вариантах. В первом варианте мы используем данные РЭБ – среднее значение за 7 месяцев 2022 г., равное 85% [10, с. 11]. Во втором варианте мы вычисляем среднее значение по темпу роста уровня загрузки на основе данных Росстата, представляющего собой отношение среднего значения уровня загрузки за 9 месяцев 2022 г. к среднему значению уровня загрузки за 12 месяцев 2021 г. (табл. 1, 2).

3. *Среднегодовая численность занятых.* Прогнозный темп изменения среднегодовой численности занятых в российской экономике в 2022 г. рассчи-

тывался как отношение средней численности рабочей силы от 15 лет и старше за 1 полугодие 2022 г. (74795,356 тыс. чел.) к аналогичному показателю за 2021 г. (75142,615 тыс. чел.). Этот темп равен 0,995. Таким образом, прогнозная среднегодовая численность занятых в 2022 г. составляет 66845 тыс. чел. (табл. 1). В свою очередь, средняя за 1 полугодие численность рабочей силы вычислялась на основе данных Росстата² как среднее арифметическое показателей численности рабочей силы за 1 и 2 кварталы соответствующего года (1 кв. 2021 г. – 75034,1 тыс. чел., 2 кв. 2021 г. – 75251,2 тыс. чел., 1 кв. 2022 г. – 74698,4 тыс. чел., 2 кв. 2022 г. – 74892,4 тыс. чел.). Ожидаемое в 2022 г. сокращение численности занятых в экономике в определенной степени связано с оттоком некоторой незначительной части рабочей силы за пределы России в марте и октябре 2022 г.

4. *Мировая цена на нефть.* Вместо мировой цены на нефть марки «Брент» в долларах США 2010 г. используется мировая цена на нефть марки «Юралс» (без учета обесценивания доллара США) ввиду образовавшегося в 2022 г. значительного расхождения (дисконта) между котировками этих сортов нефти. Мы рассмотрим три сценария для значений мировой цены на нефть марки «Юралс»: 60, 70 и 80 долл./барр. (табл. 1). Первый сценарий соотносится с непреодолимым желанием секретаря государственного казначейства США Дж. Йеллен, чтобы весь мир покупал российскую нефть по цене, не превышающей 60 долл./барр. [21]. Третий сценарий соответствует прогнозам на 2022 г. Министерства финансов России [22, с. 36]. А второй сценарий является средним из двух остальных.

Итак, функция (1) дает следующие прогнозы на 2022 г. ВВП России со средними ошибками от 1,5% до 7% (табл. 6, рис. 5). При мировой цене на нефть марки Юралс 60 долл. за баррель и уровне загрузки производственных мощностей 76% и 85 % темпы роста ВВП составят от 0,99 до 1,02 в разах к предыдущему 2021 г. При мировой цене на нефть 70 долл. за баррель и уровне загрузки производственных мощностей 76% и 85% темпы роста ВВП составят от 1,03 до 1,04, а при цене 80 долл. за баррель и уровне загрузки производственных мощностей 76 и 85 % темпы роста составят 1,06–1,08.

Иными словами, при обоих уровнях загрузки производственных мощностей при цене 60 долл. за баррель в среднем темпы роста будут равны 0%, при 70 долл. за баррель будет наблюдаться естественный рост экономики со средним темпом 4%, а при

² См. сайт Росстата (https://rosstat.gov.ru/labour_force).

80 долл. за баррель средней темп экономического роста составит 7% (табл. 6).

Таким образом, при мировых ценах на нефть «Юралс», расположенных в диапазоне от 60 до 80 долл./барр., макроэкономическая функция России (1) не прогнозирует сколько-нибудь существенно экономического спада вопреки негативным прогнозам части наших зарубежных коллег, в частности, английских, ожидающих падение ВВП России не менее 6% [23]. Наши прогнозы согласуются с точкой зрения академика С.Ю. Глазьева, который, выступая на Московском академическом экономическом форуме 16 мая 2022 г., высказал следующую мысль: «Сейчас в западных центрах прогнозирования нам навязывают самоубийственную траекторию. Одни говорят — минус 10% ВВП, другие уже заявляют — минус 20% ВВП. Эта вакханалия негативных прогнозов не должна нас запрограммировать на провал» [24, 25].

6. Дискуссия и прогнозирование на 2022 г. добычи природного газа ПАО «Газпром» в Тюменской области

Следует отметить, что мы рассматриваем уровень загрузки производственных мощностей лишь в промышленности, поскольку по другим отраслям российской экономики не собираются данные,

включая в определенной степени пострадавшие от санкций воздушный транспорт, торговлю импортными товарами и банковскую систему. Кроме того, в рассматриваемом нами уровне загрузки производственных мощностей на 2022 г. могут быть не учтены мощности нефтедобывающих и газодобывающих предприятий, в том числе дочерних обществ ПАО «Газпром», отчитывающихся в Росстат по годовым формам 1-ТЭК (нефть) и 2-ТЭК (газ). Если за 1-е полугодие 2022 г. объемы добычи и экспорта российской нефти выросли по сравнению с предыдущим годом на 3,3% (по данным Росстата [26, с. 21]) и 10–12% (по различным оценкам [27, сл. 3]) соответственно, то объемы добычи и экспорта в дальнее зарубежье природного газа упали на 6,6% (по данным Росстата [26, с. 21]) и 31% (по данным «Газпрома» [28]) соответственно. В связи с этим реальный уровень загрузки производственных мощностей в 2022 г. может быть ниже значения, рассматриваемого нами, и, соответственно, могут быть несколько ниже прогнозные темпы роста ВВП России. Действительно, в следствие отказа многих европейских потребителей от покупки российского газа в 2022 г., вызванного несогласием правительств их стран с проведением специальной военной операции России на Украине, их нежелания покупать газ ПАО «Газпром» на российские рубли, а также выведения из строя двух ниток «Северного

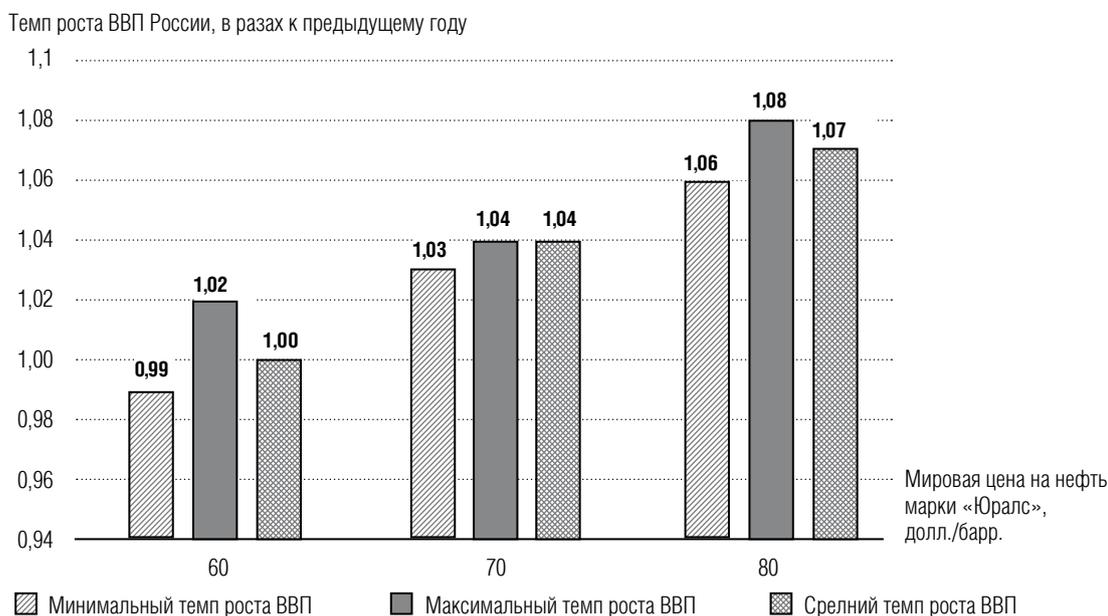


Рис. 5. Прогнозные на 2022 г. темпы роста ВВП России в сопоставимых ценах 1990 г. при различных значениях мировой цены на нефть марки «Юралс».

Источник: табл. 6.

Добыча природного газа, млрд. м³.

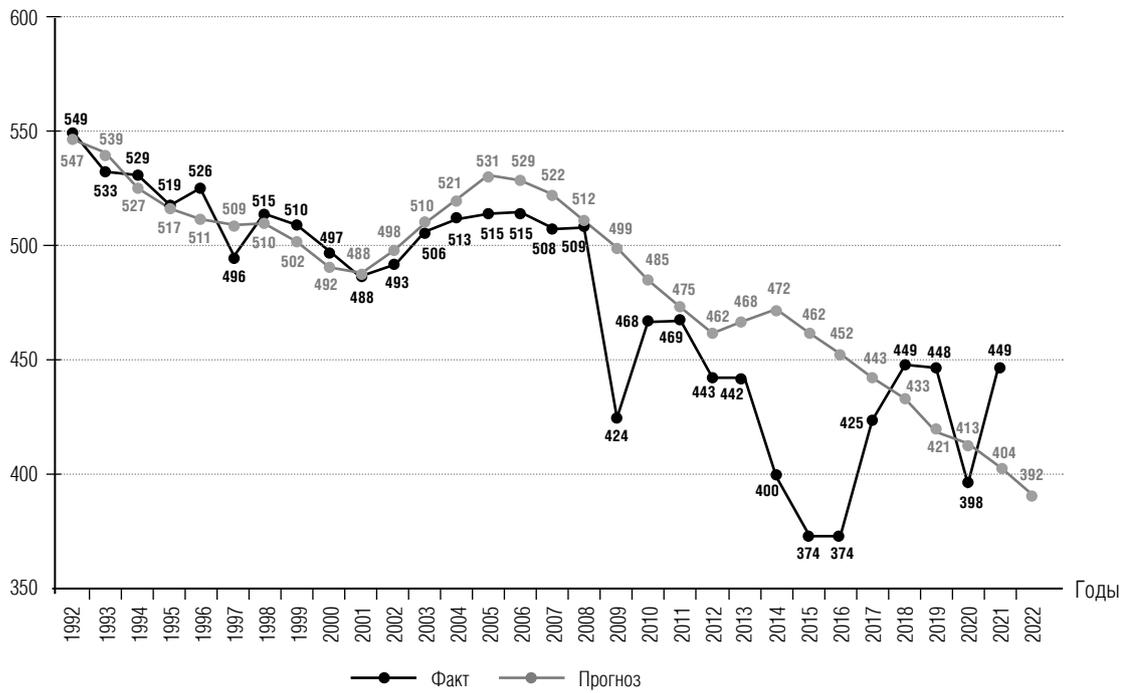


Рис. 6. Прогнозная на 2022 г., ex-post прогнозная на 1992–2021 гг. и фактическая валовая добыча природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области по функции (3), исследованной в 1985–1991 гг., млрд. м³.

Добыча природного газа, млрд. м³.

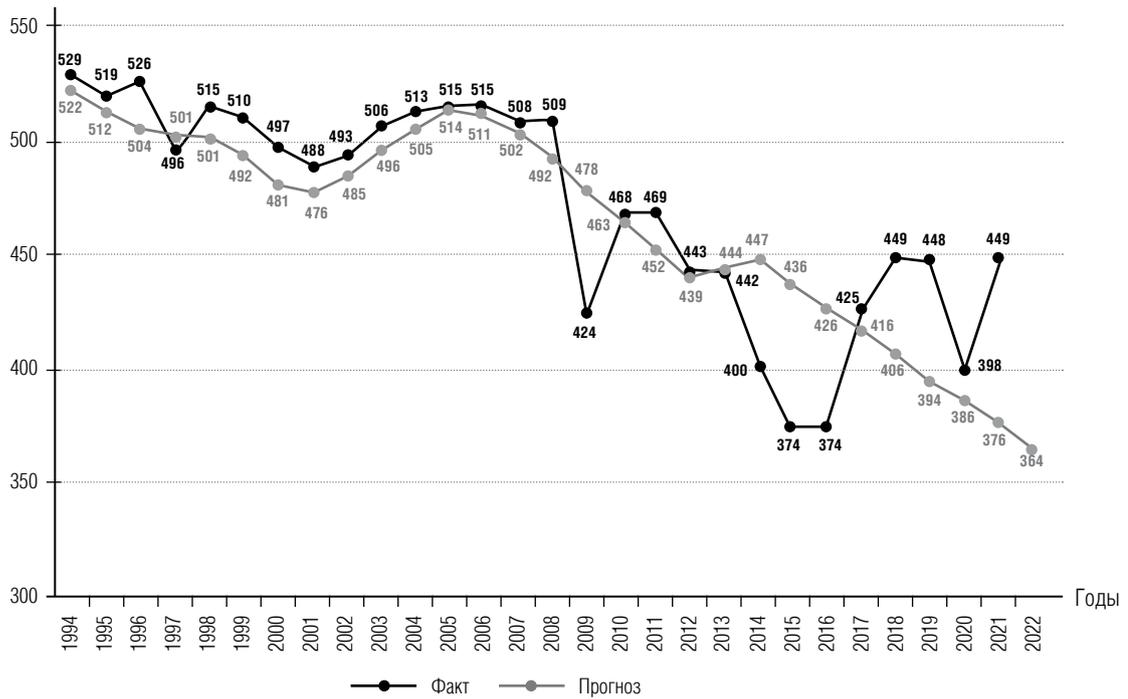


Рис. 7. Прогнозная на 2022 г., ex-post прогнозная на 1994–2021 гг. и фактическая валовая добыча природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области по функции (3), исследованной в 1985–1993 гг., млрд. м³.

потока – 1» и одной нитки «Северного потока – 2» объемы добываемого газа ПАО «Газпром» заметно снизились. Очевидно, что основное снижение добычи газа придется на Тюменскую область, где на 1 января 2022 года ПАО «Газпром» добывало более 90% своего газа. Согласно прогнозам [29], выполненным на основе производственной функции вида [30]

$$G_t = e^{\alpha} \Phi_{t-1}^{\beta+\gamma} G_{1963,t-2} \quad (3)$$

где G_t – валовая добыча газа в году t ;

Φ_t – среднегодовая стоимость основных фондов в сопоставимых ценах 1990 г. в году t ;

$G_{1963,t-1}$ – накопленная добыча с 1963 г. по год $t-1$; и статистической отчетности «Газпрома»³ в 2022 году добыча природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области составит от 364 до 392 млрд. м³ (рис. 6, 7). Прогнозы на 2022 г. приведены на основе обучающих выборок 1985–1991 и 1985–1993 гг., поскольку на временных интервалах 1992–2021 и 1994–2021 гг. функция (3) имеет наименьшие средние ошибки *ex-post* прогноза среди всех обучающих выборок (рис. 8, 9).

Отметим, что в работе [32] на основании эконометрического исследования функции (3) была обоснована устойчивость с 1985 г. целей стратегического развития газодобывающего комплекса «Газпрома» в Тюменской области. Эта устойчивость обусловлена стабильностью во времени параметров функции (3), а также близостью и схожестью направлений динамики фактической и *ex-post* прогнозной добычи газа (рис. 6). Наблюдающаяся с 2015 г. отрицательная динамика *ex-post* прогнозной добычи и колебания фактической добычи относительно ее кривой (рис. 6) свидетельствуют о вынужденном стратегическом снижении добычи газа «Газпром» по причине неопределенности экспортных поставок в Европу, резко возросшей после воссоединения Крыма с Россией, недостатка и задержек ввода в эксплуатацию экспортных трубопроводных мощностей, отказа от покупок российского газа частью европейских потребителей на фоне проведения специальной военной опера-

ции России на Украине, и, наконец, выведения из строя «Северного потока – 1» в результате взрывов, организованных международными террористическими группировками, получающими выгоду от разрушения многолетнего сотрудничества в газовой сфере между Россией и Европой. Следует отметить, что все эти негативные действия нечестной конкуренции направлены на ослабление одной из самых эффективных мировых нефтегазовых компаний – российского «Газпрома», который, как эмпирически доказано в [33, 34], начиная с 1993 г. в сфере добычи газа является высокоэффективной энергетической компанией с растущим коэффициентом нейтрального технического прогресса, снижающейся удельной себестоимостью добычи газа на новых месторождениях и минимальными производственными затратами, предельные и средние значения которых совпадают и не зависят от объемов добываемого газа. Подчеркнем, что в отличие от российского «Газпрома» нам неизвестны аналогичные эконометрические исследования по другим отечественным и зарубежным нефтегазовым компаниям, которые обосновывали бы возрастающий тренд их инновационного развития и их нахождение в точке минимальных издержек на протяжении четверти века.

Вместе с тем, несмотря на все эти временные трудности и сложности российский «Газпром» был, есть и будет надежным поставщиком природного газа, способным своевременно удовлетворить спрос на него со стороны как российских, так и зарубежных потребителей.

В этой связи нельзя не обойти вниманием тот факт, что в 2021–2022 гг. значительная часть западных и заокеанских потребителей российской нефти и газа стремятся договориться о «потолке цен» (предельной максимальной цене) на эти энергоресурсы или вовсе отказаться от них. На протяжении многих веков западные и заокеанские соседи России стремятся как можно дешевле покупать российские сырьевые товары, а взамен продавать небольшие объемы готовой продукции по максимально возможным ценам. Здесь наиболее показательным примером является Соединенное королевство, принципы

³ Статистические данные за 1985–2008 гг. и методика пересчета основных средств в сопоставимые цены приведены в работах [30, 31]. За 2021 г. были учтены основные средства по РСБУ ООО «Газпром добыча Надым» и ООО «Газпром добыча Ямбург» (поступление собственных основных средств и разность между арендуемыми основными средствами на конец и на начало года с учетом их фактической переоценки ПАО «Газпром» и его дочерними обществами), а также ввод в действие новых основных средств ПАО «Севернефтегазпром». Основные средства ООО «Газпром добыча Уренгой» и ООО «Газпром добыча Ноябрьск» не были учтены по причине отсутствия статистической информации по ним.

Средняя ошибка *ex-post* прогноза, %

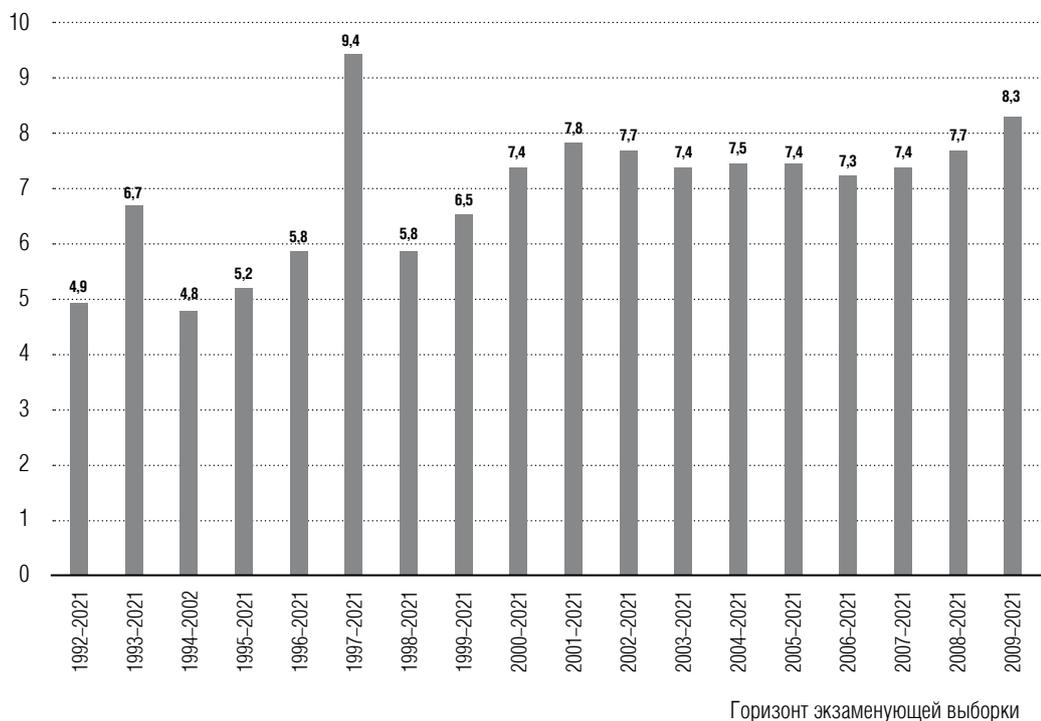


Рис. 8. Средние арифметические ошибки *ex-post* прогноза на 1992–2021 гг. валовой добычи природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области по обучающим выборкам функции (3), исследованной с 1985 по 1991–2008 гг.

Примечание. Средние ошибки *ex-post* прогноза вычислены по формулам [9, с. 27–28]

Валовая добыча, млрд. м³

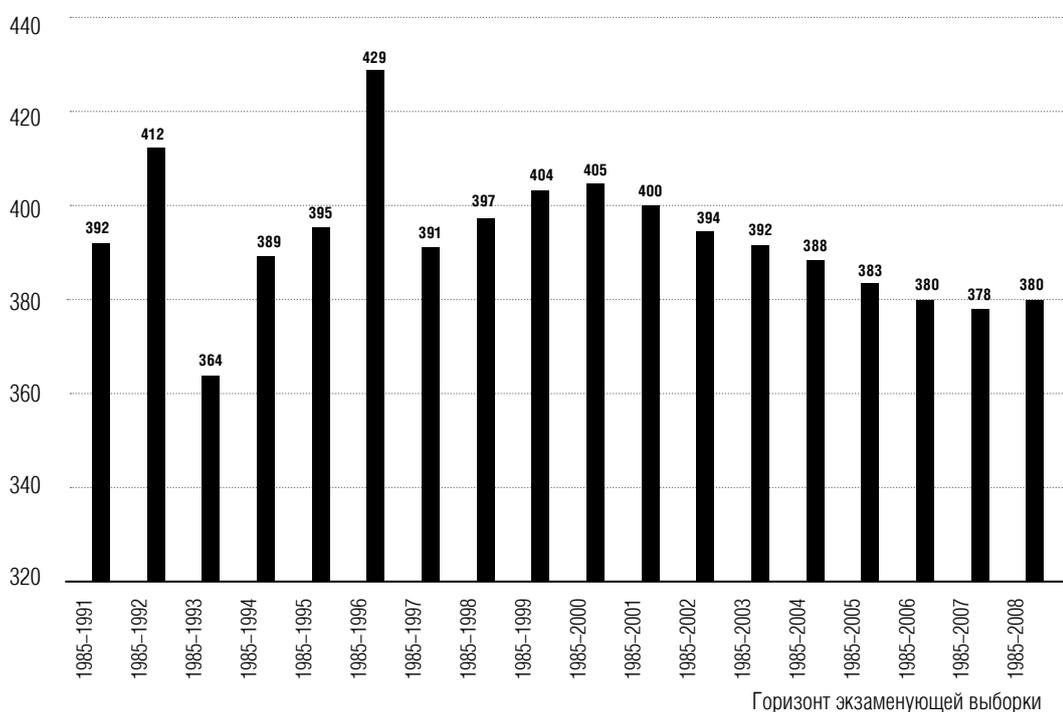


Рис. 9. Прогнозы на 2022 г. валовой добычи природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области по обучающим выборкам функции (3) с 1985 по 1991–2008 гг.

экономической политики которого по отношению к России были достаточно точно раскрыты доктором Адамом Смитом еще в XVIII веке. Адам Смит писал: «России, например, мы продаем тонкое полотно и иную готовую продукцию и за малое количество этого получаем взамен большое количество необработанных продуктов. Такой вид торговли очень выгоден, поскольку необработанные, или сырьевые, товары дают занятость и средства к существованию большому числу людей» [35, р. 247] (перевод цит. по [36, с. 8]).

Такая же экономическая политика сохраняется у Англии и на сегодняшний день. Так, по данным ФТС России⁴, в 2021 г. Россия экспортировала в Соединенное королевство 12,3 млн. тонн товаров на сумму 22,3 млрд. долл. США по средней фактической экспортной цене 1810 долл./т., а импортировала из него 0,5 млн. тонн товаров на сумму 4,7 млрд. долл. США по средней фактической импортной цене 9393 долл./т. Основную часть российского экспорта составили жемчуг и драгоценные металлы (17,3 млрд. долл. США), топливно-энергетические полезные ископаемые и руды (3,7 млрд. долл. США), а большая часть (не менее трех четвертей) импорта из Великобритании составила готовая продукция (как минимум 3,5 млрд. долл. США).

Заметим, что Россия продает нефть и газ Соединенному королевству со значительной скидкой, т.е. намного дешевле, чем остальным странам Западной Европы. Так, выполненные на основании данных ФТС России расчеты показывают, что в 2021 году средняя экспортная цена российского природного газа в газообразном состоянии, поставленного в Соединенное королевство (131,56 долл. США за тыс. м³), находилась примерно на уровне средней цены газа, поставленного Россией в союзную Белоруссию (131,78 долл. США за тыс. м³) (рис. 10). В 2020 г. средняя цена российского газа для англичан, составлявшая 105,96 долл. США за тыс. м³, была даже ниже, чем для белорусов (130,73 долл. США за тыс. м³). В 2021 г. на втором месте по дешевизне российского природного газа находилась Бельгия: средняя экспортная цена для нее составляла 143 долл. США за тыс. м³. Более того, по данным ФТС России, в 2021 году средние экспортные цены на российские сжиженный природный газ и нефть сырую для Соединенного королевства составили 185 и 457 долл. США за тонну соответственно, что ниже средних экспортных цен этих энергоресурсов, про-

даваемых Россией в Бельгию (197 и 547 долл. США за тонну), во Францию (198 и 477 долл. США за тонну), в Нидерланды (236 и 463 долл. США за тонну) и в Германию (нефть – 483 долл. США за тонну), которые по расстоянию ближе к России (рис. 10).

На этом фоне стремления английского правительства отказаться от импорта дешевых российских энергоносителей или покупать их еще более дешево не выглядят экономически оправданными и обоснованными. Еще более неоправданным является арест в начале ноября 2022 г. английским правительством российских активов на сумму 18 млрд. фунтов стерлингов [23], сопоставимой по величине с объемом всего российского экспорта в Великобританию в 2021 г. (22,3 млрд. долл. США). Таким образом, Россия, имея положительный торговый баланс с Англией и рядом других государств и оставляя доходы от своего чистого экспорта в этих странах вместо их вложения в рост собственного народного хозяйства, несет на протяжении многих лет ощутимые потери [36], которые, как мы видим,кратно возросли в 2022 г. после ареста российских валютных резервов и других активов во многих европейских странах и США.

В этих новых условиях у России появляются возможности пересмотра своей экономической политики, ослабления ее многовековой экспортно-сырьевой зависимости и перехода к новому технологическому укладу [25] с активным использованием ее значительного производственного и богатого научного потенциала.

7. Заключение

В настоящей работе мы провели эконометрическое исследование макроэкономической производственной функции России (1) в беспрецедентных социально-экономических реалиях 2020–2022 гг., а именно: в условиях внутренних и внешних ограничений, связанных с распространением уханьского коронавируса (SARS-CoV-2) и проведением специальной военной операции России на Украине, сопровождающимся усилением санкционного давления на российское народное хозяйства со стороны многих наших западных и заокеанских соседей. Также мы оценили предельную норму технологического замещения факторов производства в 1990–2020 гг. Результаты эконометрического исследования, *ex-post* прогнозирования на 2020–2021 гг. и

⁴ См. сайт ФТС РФ (<http://stat.customs.gov.ru/analysis>).

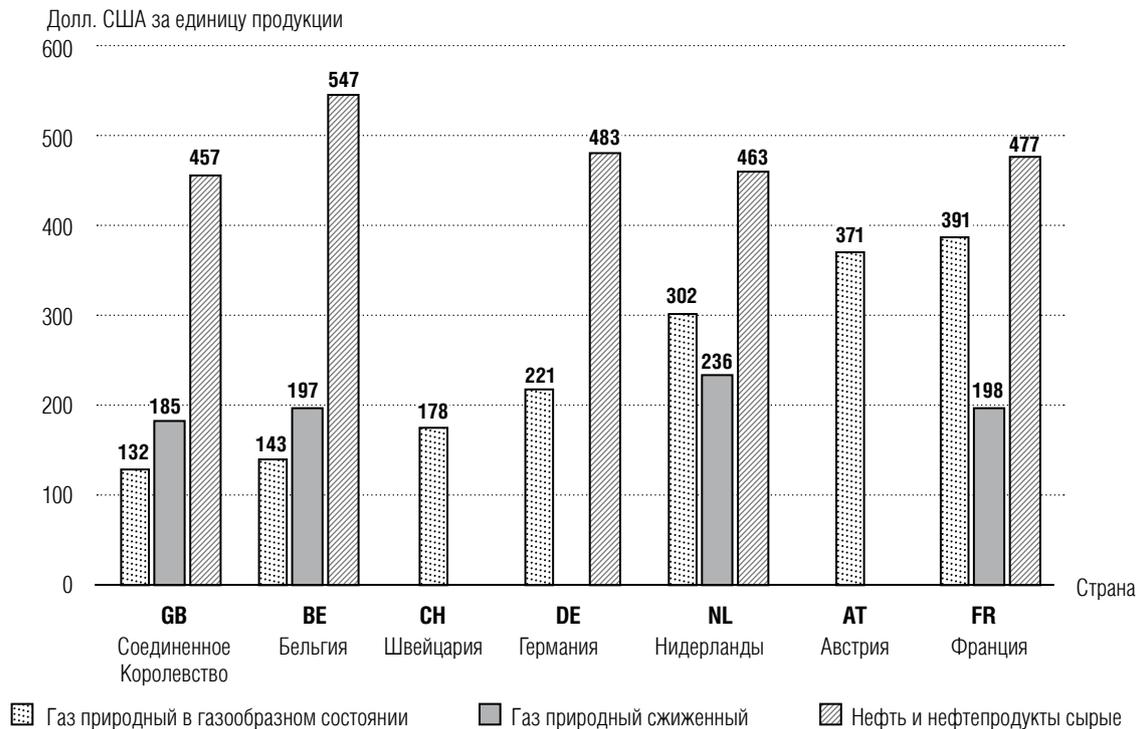


Рис. 10. Средние экспортные цены на российские энергоносители для стран Западной Европы в 2021 г., долл. США за тонну (газ природный в газообразном состоянии – долл. США за тыс. м³).

Источник: расчеты на основе данных ФТС России (<http://stat.customs.gov.ru/analysis>).

прогнозирования на 2022 г. показали следующее.

1. В 1991–1996 гг. наблюдалось возрастание предельной нормы технологического замещения, а в 1997–2020 гг. – ее снижение за исключением 2008–2009 гг. и 2015 г. Ее рост в начале 1990-х гг. объясняется структурной трансформацией экономики России в условиях перехода от плановых к рыночным условиям хозяйствования, сопровождающегося масштабным разгосударствлением собственности. Возрастание предельной нормы технологического замещения в 2008–2009 гг. явилось следствием реакции экономики России на мировой финансово-экономический кризис, а в 2015 г. – следствием адаптации народного хозяйства к внешнему санкционному давлению, начавшемуся после воссоединения Крыма с Россией.

2. В условиях широкого распространения уханьского коронавируса главными причинами спада 2020 г. и роста 2021 г. в России явились колебания мировой цены на нефть: ее снижение в 2020 г. и повышение в 2021 г. Наш анализ опровергает распространенную точку зрения о том, что одной из основных причин снижения мировой цены на нефть в 2020 г. послужило сокращение спроса на нее со

стороны Китая, ибо экспорт сырой нефти из России в Китай вырос в 2020 г. по сравнению с 2019 г.

3. Вопреки многим негативным прогнозам результаты прогнозирования на 2022 г. ВВП России по макроэкономической производственной функции (1) показывают, что в условиях резко возросшего санкционного давления при мировой цене на нефть «Юралс» 60 долл. за баррель в среднем темпы роста будут равны 0%, при 70 долл. за баррель будет наблюдаться естественный рост экономики со средним темпом 4%, а при 80 долл. за баррель средней темп экономического роста составит 7%. Средние ошибки прогноза составляют от 1,5% до 7%.

4. В условиях сокращения спроса на российский газ и выведения из строя газопровода «Северный поток – 1» прогнозные на 2022 г. объемы валовой добычи природного газа «Газпром» (без «Газпром нефти») в Тюменской области на основе исследованной эконометрическими методами степенно-показательной производственной функции (3) составляют от 364 до 392 млрд. м³. Средние ошибки прогноза не превышают 5%.

5. На примере Великобритании, для которой в 2021 г. средние фактические экспортные цены

на российские нефть и газ были самыми низкими среди западноевропейских стран, мы обсудили экономическую нецелесообразность установления западными потребителями предельных цен на российские энергоносители и полного отказа от их поставок.

6. В сложившихся новых условиях у России появляются возможности пересмотра своей экономической политики, ослабления ее многовековой экспортно-сырьевой зависимости и перехода к новому технологическому укладу с активным использованием ее значительного производственного и богатого научного потенциала.

Результаты нашего исследования могут быть использованы профильными министерствами и ведомствами, крупными компаниями и другими заинтересованными организациями для экономического анализа и прогнозирования народнохо-

зяйственной и отраслевой динамики, а также разработке основ новой экономической политики России в новых беспрецедентных коронавирусных и санкционных условиях. ■

Благодарности

Мы выражаем нашу искреннюю благодарность д.э.н., профессору Валерию Григорьевичу Гребенникову (1938–2021), д.э.н., профессору Юрию Евгеньевичу Сцепинскому (1935–2022) и д.э.н., профессору Эдуарду Филаретовичу Баранову (1939–2022) за полезные обсуждения и ценные советы, а также доктору философии Наталье Александровне Тихоновой (Федоренко) за помощь в редактировании английской версии настоящей статьи.

Литература

1. Гребенников В.Г. Некоторые проблемы взаимосвязи темпов роста национального дохода, фондоотдачи и норм накопления // Экономика и математические методы. 1968. Т. 4. Вып. 4. С. 583–596.
2. Гребенников В.Г. Использование производственных функций для анализа долгосрочных тенденций экономического роста США. В сб.: Методы и модели долгосрочного анализа. М.: ЦЭМИ АН СССР, 1969. С. 51–77.
3. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М: Финансы и статистика, 1986. 238 с.
4. Макаров В.Л. Вычислимая модель российской экономики (RUSEC). Препринт № wr/99/069. М.: ЦЭМИ РАН, 1999. 93 с.
5. Баранов Э.Ф., Бессонов В.А. Взгляд на российскую экономическую трансформацию // Вопросы экономики. 2018. № 11. С. 142–158. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2018-11-142-158>
6. Бывшев В.А. Оценка вклада научно-технического прогресса в реальный ВВП России // Экономическая наука современной России. 2022. № 3. С. 46–64. [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
7. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Производственная функция народного хозяйства России в 1990–2012 гг. // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50. № 4. С. 21–33.
8. 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. <https://doi.org/10.31857/S042473880006708-7>
9. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Распространение уханьского коронавируса (SARSCoV-2) в России: макроэкономическая производственная функция с учетом мировой цены на нефть марки «Брент» // Проблемы рыночной экономики. 2021. № 1. С. 24–46. <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2021-1-24-46>
10. Статистические ряды РЭБ. Промышленность. Приложение к ежемесячному бюллетеню «Российский экономический барометр» за сентябрь 2022 года. [Электронный ресурс]: https://www.imemo.ru/files/File/magazines/REB_month/statistics/2022/2022_09_reb_stat_ru.pdf (дата обращения 10.11.2022).
11. Российский статистический ежегодник 2020 / Стат.сб. Росстат, М., 2020. 700 с.
12. World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet). [Электронный ресурс]: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5d903e848db1d1b83e0ec8f744e55570-0350012021/related/CMO-Historical-Data-Annual.xlsx> (дата обращения 15.09.2022).
13. Аукуционек С.П., Жуков О.С. Опросы промышленных предприятий в 2021 году: итоги и ожидания // Российский Экономический Барометр. 2022. № 2. С. 3–7. <https://doi.org/10.20542/reb.rus-2022-2-3-7>
14. Аукуционек С.П., Демина Н.В. Описание опросов РЭБ и пояснения к статистическим рядам // Российский Экономический Барометр. 2022. № 2. С. 13–18.
15. Браун М. Теория и измерение технического прогресса / Пер с англ. В.В. Зотова, под ред. В.Г. Гребенникова и Г.Г. Пирогова. М.: Статистика, 1971. 208 с.
16. Национальные счета России в 2013–2020 годах: Стат. сб./ Росстат. М., 2021.
17. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Эконометрическое исследование производственной функции экономики России и оценка предельной нормы замещения факторов с учетом коронавирусного периода (1990–2020 гг.) / Системное моделирование социально-экономических процессов: труды 45-ой Юбилейной международной научной школы-семинара, д. Красновиново Московской области, 3 – 9 октября 2022 г. / под ред. д-ра экон. наук И.Н. Щепиной. Воронеж: издательство «Истоки», 2022. С. 148–158. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7404549>

18. International Energy Agency (2020). Oil Market Report - February 2020. [Электронный ресурс]: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-february-2020> (дата обращения 05.06.2022).
19. Непп А.Н., Зыков А.С., Егорова Ю.В. Нефть в эпоху коронавируса: истерия или закономерное падение? // Экономика и математические методы. 2023. Т. 59. (В печати).
20. Социально-экономическое положение России январь-август 2022 года. М.: Росстат, 2022.
21. Lawder D. US Treasury Secretary reveals Russian oil price cap target // Reuters, October 13, 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.reuters.com/markets/europe/yellen-says-russian-oil-price-cap-60-range-would-allow-moscow-some-profit-2022-10-12/> (дата обращения 10.11.2022).
22. Министерство финансов Российской Федерации. Основные направления бюджетной, налоговой и таможенно-тарифной политики на 2023 год и на плановый период 2024 и 2025 годов. М., 2022. [Электронный ресурс]: https://storage.consultant.ru/ondb/attachments/202209/28/ONNP_73J.pdf (дата обращения 10.11.2022).
23. His Majesty's Government. News story. UK sanctions on Russia top £18 billion for the first time. New figures reveal the full effect of UK sanctions on Russia. 10 November 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.gov.uk/government/news/uk-sanctions-on-russia-top-18-billion-for-the-first-time> (дата обращения 10.11.2022).
24. Казакова Д., Колебакина-Усманова Е. Сергей Глазьев: «Вакханалия негативных прогнозов не должна нас запрограммировать на провал» // Деловая электронная газета «Бизнес Online», 19 мая 2022. [Электронный ресурс]: <https://www.business-gazeta.ru/article/550442> (дата обращения 05.06.2022).
25. Глазьев С.Ю. Смена технологических укладов: информационные, цифровые, интеллектуальные и когнитивные технологии. Пленарный доклад на Международном академическом экономическом форуме 16 мая 2022 г. [Электронный ресурс]: <https://www.youtube.com/watch?v=PSESiZZ4aRk&t=5526s> (дата обращения 05.06.2022)
26. Социально-экономическое положение России январь-июль 2022 года. М.: Росстат, 2022.
27. Индексы ИПЕМ. Мониторинг состояния промышленности. Июнь 2022 г. [Электронный ресурс]: http://ipem.ru/content/Индексы/индекс_ИПЕМ%202022%20июнь.pdf (дата обращения 10.11.2022).
28. Добыча и поставки газа: итоги шести месяцев: релиз ПАО «Газпром». [Электронный ресурс]: <https://www.gazprom.ru/press/news/2022/july/article554546/> (дата обращения 10.11.2022).
29. Афанасьев А.А. Эконометрический прогноз на 2022 г. добычи природного газа Газпромом в Тюменской области / Системное моделирование социально-экономических процессов: труды 45-ой Юбилейной международной научной школы-семинара, д. Красновидово Московской области, 3–9 октября 2022 г. / под ред. д-ра экон. наук И.Н. Щепиной. Воронеж: издательство «Истоки», 2022. С. 159–162. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7406120>
30. Афанасьев А.А. Экономико-математическое моделирование и прогнозирование добычи природного газа в Тюменской области // Газовая промышленность. 2008. № 6. С. 19–25.
31. Афанасьев А.А. Эконометрическое исследование производственных функций газодобывающей промышленности Красноярского края // Экономика и математические методы. 2009. Т. 45. № 3. С. 3–11.
32. Афанасьев А.А. Устойчивость стратегических целей – необходимое условие развития Газпрома как глобальной энергетической компании // Газовая промышленность. 2014. № 704. С. 10–20.
33. Афанасьев А.А. Парето-эффективность, минимизация издержек и инновации – важнейшие составляющие политики ОАО «Газпром» в сфере добычи природного газа // Газовая промышленность. 2009. № 4. С. 10–17.
34. Афанасьев А.А. Эконометрический анализ эффективности добычи газа «Газпрома» в 1993–2016 гг. // Oil & Gas Journal Russia. 2018. № 1–2 (123). С. 74–80.
35. Smith A. Lectures on Justice, Police, Revenue and Arms delivered in the University of Glasgow by Adam Smith and reported by a Student in 1763, and edited, with an introduction and notes, by Edwin Cannan. Oxford: Clarendon Press, 1896. 293 p.
36. Львов Д.С., Афанасьев А.А. Нужен ли России Стабилизационный фонд? // Финансовый бизнес. 2007. № 1. С. 8–15.

Об авторах

Афанасьев Антон Александрович

доктор экономических наук, доцент;

ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47;

E-mail: aanton@cemi.rssi.ru

ORCID: 0000-0002-5680-7896

Пономарева Ольга Станиславна

старший научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47;

E-mail: fondf@cemi.rssi.ru

Macroeconomic production function of Russia and estimation of the marginal rate of technical substitution in the unprecedented socio-economic realities of 2020–2022

Anton A. Afanasiev

E-mail: aanton@cemi.rssi.ru

Olga S. Ponomareva

E-mail: fondf@cemi.rssi.ru

Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences
Address: 47, Nakhimovsky Prospect, Moscow 117418, Russia

Abstract

In the period 2020–2022 the Russian economy has been facing the new, unprecedented challenges of coronavirus and sanctions. In order to analyze the current state of affairs, we are offering an econometric study of Russia's macroeconomic production function for 1990–2022 and an estimation of the marginal rate of technical substitution under internal and external restrictions associated with the spread of the Wuhan coronavirus (SARS-CoV-2) and the conduct of Russia's special military operation in Ukraine, accompanied by increased sanctions pressure on the Russian economy. We have obtained several significant results. In the years 1991–1996 the marginal rate of technical substitution was increasing, and in 1997–2020 it was decreasing except for 2008–2009 and 2015. In the context of the Wuhan coronavirus pandemic, the main reasons for the Russian economy's decline in 2020 and growth in 2021 were, first of all, fluctuations in the world crude oil price, and not the Wuhan coronavirus pandemic as such. We did not find any evidence that the decline in the world crude oil price in 2020 was caused by a decrease in demand from China, since Russian oil exports to China increased. Contrary to many negative forecasts, the results of our forecasting of Russia's GDP for 2022 show that under sharply increased sanctions pressure, with the world price of Urals oil at \$60 per barrel, the average growth rate will be 0%, while at \$70 it will be 4%, and at \$80 it will be 7%. Under the reduced demand for Russian gas and the shutdown of the Nord Stream 1 gas pipeline, the forecast volumes of gross natural gas production by Gazprom (excluding Gazprom Neft) in the Tyumen Region for 2022, based on the exponential production function studied by econometric methods, range from 364 to 392 billion cubic meters. Using the example of Great Britain, where in 2021 the average actual export prices for Russian oil and gas were the lowest compared to other Western European countries, we discuss the economic inexpediency of setting marginal prices for Russian energy products by Western consumers.

Keywords: Russian economy, macroeconomic production function, world oil price, econometric forecasting, coronavirus restrictions, production capacities, natural gas production, oil and gas export, sanctions, price cap, UK economic and trade policy

Citation: Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. (2022) Macroeconomic production function of Russia and estimation of the marginal rate of technical substitution in the unprecedented socio-economic realities of 2020–2022. *Business Informatics*, vol. 16, no. 4, pp. 82–104. DOI: 10.17323/2587-814X.2022.4.82.104

References

1. Grebennikov V.G. (1968) On some problems of the interconnection between the national income rates of growth and savings rates. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 4, no. 4, pp. 583–596 (in Russian).
2. Grebennikov V.G. (1969) Use of the production function for the analysis of the long-term trends of the us economic growth. In: *Methods and Models of the Long-Term Analysis*. Moscow: CEMI AS USSR, pp. 51–77 (in Russian).
3. Kleiner G.B. (1986) *Production functions: Theory, methods, applications*. Moscow: Financy i Statistika. 238 p. (in Russian).
4. Makarov V.L. (1999) *Computable general equilibrium model of the Russian economy (RUSEC)*. Preprint. wp/99/069. Moscow: CEMI RAS (in Russian).
5. Baranov E.F., Bessonov V.A. (2018) A view at the Russian economic transformation. *Voprosy Ekonomiki*, vol. 11, pp. 142–158 (in Russian). <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2018-11-142-158>
6. Byvshev V.A. (2022) Assessment of the construction of scientific and technological progress to the real GDP of Russia. *Economics of Contemporary Russia*, no. 3 (98), pp. 46–64 (in Russian). [https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3\(98\)-46-64](https://doi.org/10.33293/1609-1442-2022-3(98)-46-64)
7. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. (2014) The aggregate production function of Russian economy in 1990–2012. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 50, no. 4, pp. 21–33 (in Russian).
8. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. (2020) The macroeconomic production function of Russia in 1990–2017. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 56, no. 1, pp. 67–78 (in Russian). <https://doi.org/10.31857/S042473880006708-7>
9. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. (2021) Wuhan coronavirus (SARS-CoV-2) spread in Russia: macroeconomic production function in regard to Brent crude oil price. *Market economy problems*, no. 1, pp. 24–46 (in Russian). <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2021-1-24-46>
10. *Statistical series of REB. Industry. Supplement to the monthly bulletin “Russian Economic Barometer” for September 2022* (in Russian). Available at: https://www.imemo.ru/files/File/magazines/REB_month/statistics/2022/2022_09_reb_stat_ru.pdf (accessed 10.11.2022).
11. *Russian Statistical Yearbook 2020*: Stat .book/Rosstat (2020) Moscow. 700 p. (in Russian).
12. *World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet)*. Available at: <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5d903e848db1d1b83e0ec8f744e55570-0350012021/related/CMO-Historical-Data-Annual.xlsx> (accessed 15.09.2022).
13. Aukutsionek S., Zhukov O. (2022) The 2021 surveys of industrial enterprises: results and forecasts. *Russian Economic Barometer*, no. 2(86), pp. 3–7 (in Russian). <https://doi.org/10.20542/reb.rus-2022-2-3-7>
14. Aukutsionek S., Dyomina N. (2022) Outline of REB surveys and clarification to the series. *Russian Economic Barometer*, no. 2(86), pp. 13–18 (in Russian).
15. Brown M. (1971) *On the theory and measurement of technological change*, translated by Valery V. Zotov, edited by Valery G. Grebennikov and Grigory G. Pirogov. Moscow, Statistika, 208 p. (in Russian).
16. *National accounts of Russia in 2013–2020*: Stat .book/Rosstat (2021). Moscow (in Russian).
17. Afanasiev A.A., Ponomareva O.S. (2022) Econometric study of the Russian economy production function and estimation of the marginal rate of substitution of factors in regard to Wuhan coronavirus period (1990–2020). In: *System modeling of social-economic processes: The Material 45th Anniversary international scientific school-seminar*, ed. by I.N. Shchepina. Voronezh, «Istoki», pp. 148–158 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7404549>
18. International Energy Agency (2020) *Oil Market Report – February 2020*. Available at: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-february-2020> (accessed 05.06.2022).
19. Nepp A.N., Zykov A.S., Yegorova Yu.V. Oil in the age of coronavirus: hysteria or explainable fall? *Economics and Mathematical Methods*, vol. 59 (in press) (in Russian).
20. *Socio-economic situation in Russia 2022, January-August* (2022) Moscow, Rosstat (in Russian).
21. Lawder D. (2022). US Treasury Secretary reveals Russian oil price cap target, *Reuters*, October 13, 2022. Available at: <https://www.reuters.com/markets/europe/yellen-says-russian-oil-price-cap-60-range-would-allow-moscow-some-profit-2022-10-12/> (accessed 10.11.2022).
22. Ministry of Finance of the Russian Federation (2022) *The main directions of the budget, tax and customs tariff policy for 2023 and for the planning period of 2024 and 2025*. Moscow. Available at: https://storage.consultant.ru/ondb/attachments/202209/28/ONNP_73J.pdf (accessed 10.11.2022) (in Russian).
23. His Majesty’s Government (2022) *News story. UK sanctions on Russia top £18 billion for the first time. New figures reveal the full effect of UK sanctions on Russia*, 10 November 2022. Available at: <https://www.gov.uk/government/news/uk-sanctions-on-russia-top-18-billion-for-the-first-time> (accessed 10.11.2022).
24. Kazakova D., Kolebakina-Usmanova E. (2022) Sergei Glazyev: “The Bacchanalia of Negative Forecasts Should Not Program Us for Failure”, Business Electronic Newspaper *Business Online*, May 1. Available at: <https://www.business-gazeta.ru/article/550442> (accessed 05.06.2022) (in Russian).

25. Glazyev S.Yu. (2022) Changing technological patterns: information, digital, intellectual and cognitive technologies. *Plenary presentation at the International Academic Economic Forum* May 16, 2022, Moscow. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=PSESiZZ4aRk&t=5526s> (Accessed 05.06.2022) (in Russian).
26. *Socio-economic situation in Russia 2022, January–July* (2022) Moscow, Rosstat (in Russian).
27. *Indices of the Institute for Problems of Natural Monopolies*. Monitoring the state of the industry. June 2022. Available at: http://ipem.ru/content/Индексы/индекс_ИПЕМ%202022%20июнь.pdf (accessed 10.11.2022) (in Russian).
28. *Gas production and supplies: results for six months*. Release. July 1, 2022. Available at: <https://www.gazprom.com/press/news/2022/july/article554547/> (accessed 10.11.2022).
29. Afanasiev A.A. (2022) Econometric forecast of Gazprom natural gas production in Tyumen region for 2022. In: *System modeling of social-economic processes: The Material 45th Anniversary international scientific school-seminar*, ed. by I.N. Shchepina. Voronezh, «Istoki», pp. 159–162 (in Russian). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7406120>
30. Afanasyev A.A. (2008) Natural gas production in Tyumen region: economic-and-mathematic modelling and forecasting. *Gas Industry of Russia*, no. 4(12), pp. 5–10.
31. Afanasiev A.A. (2009) Production Functions of Natural Gas Production Industry in Krasnoyarsk Territory. *Economics and Mathematical Methods*, vol. 45, no. 3, pp. 3–11 (in Russian).
32. Afanasiev A.A. (2014) Sustainable strategic goals of a Global Energy Company: Key for Gazprom’s future. *Gazovaya promyshlennost*, no. 704, pp. 10–20 (in Russian).
33. Afanasiev A.A. (2018) Econometric analysis of Gazprom production efficiency in 1993–2016. *Oil & Gas Journal Russia*, nos. 1–2(123), pp. 74–80 (in Russian).
34. Afanasyev A.A. (2009) Pareto-efficiency, cost minimization, and innovations: the key Gazprom policies targeting gas production. *Gas Industry of Russia*, no. 3(15), pp. 30–37.
35. Smith A. (1896) *Lectures on Justice, Police, Revenue and Arms delivered in the University of Glasgow by Adam Smith and reported by a Student in 1763*, and edited, with an introduction and notes, by Edwin Cannan. Oxford: Clarendon Press, 293 p.
36. Lvov D.S., Afanasiev A.A. (2007) Does Russia need a Stabilization Fund? *Financial business*, no. 1, pp. 8–15 (in Russian).

About the authors

Anton A. Afanasiev

Dr. Sci. (Econ.);

Professor, Leading researcher, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, 47, Nakhimovsky Prospect, Moscow 117418, Russia

E-mail: aanton@cemi.rssi.ru

ORCID: 0000-0002-5680-7896

Olga S. Ponomareva

Senior Researcher, Central Economics and Mathematics Institute, Russian Academy of Sciences, 47, Nakhimovsky Prospect, Moscow 117418, Russia

E-mail: fondf@cemi.rssi.ru