

МОДИФИЦИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СОЛОУ-СВАНА ЭКОНОМИКИ РОССИИ

© 2019 Митрофанов Алексей Юрьевич

доцент кафедры Статистики

Саратовский социально-экономический институт (филиал) РЭУ имени Г.В. Плеханова, Россия, Саратов

E-mail: MitrofanovAY0@gmail.com

В статье рассматривается построение макроэкономической модели роста экономики России, представляющей собой модификацию классической модели Солоу-Свана. Ключевой особенностью модели (с дискретным временем) является взаимосвязь между услугами капитала и темпом его прироста. Динамика труда описывается моделью Бевертон-Холта. Используются данные мировой таблицы Пенн, версия 9.1. На основе модели построен прогноз развития экономики России до 2025 г.

Ключевые слова: макроэкономика, модель Солоу-Свана, модель роста, Российская Федерация, мировая таблица Пенн, капитал, услуги капитала, модель Бевертон-Холта, эконометрика, прогноз

Введение

Замедление роста экономики Российской Федерации, произошедшее в недавнем прошлом, и, несомненно, связанное с ним снижение реальных доходов населения, обуславливает повышенный интерес к вопросам роста экономики и факторам, его обуславливающим (уточним, что в данной работе мы не рассматриваем вопросы устойчивости роста).

Значительный интерес вызывают, в частности, вопросы о влиянии на рост экономики России западных санкций и контрсанкций, недавних решений Правительства РФ о повышении пенсионного возраста и ставки НДС и связанные вопросы о перспективах экономического роста российской экономики в среднесрочной перспективе. Отметим, что текущая (поквартальная) экономическая информация Росстата, многократно обновляемые на протяжении года прогнозы экономического роста Минэкономразвития и зарубежных аналитиков (в частности, Всемирного банка), не дают ответа на эти ключевые вопросы и, в известной степени, отвлекают от них, поскольку для «представительного» жителя страны и предпринимателя имеют существенное значения лишь данные за год и за несколько лет.

В данной работе даём частичные ответы на эти вопросы, основываясь на модификации экономической модели Солоу-Свана и данных из источника высочайшего качества статистических данных об экономическом росте большинства стран мира — мировой таблицы Пенн (Penn World Table) до 2017 г. включительно [13].

Целями работы являются: 1) построение

макроэкономической модели роста экономики России, представляющей собой модификацию классической модели Солоу-Свана; 2) построение с помощью модели прогноза развития экономики России до 2025 г.

Ключевые особенности модели: 1) время дискретно; 2) разработана взаимосвязь между услугами капитала и темпом его прироста; 3) для описания динамики труда используется модель Бевертон-Холта; 4) в качестве исходных данных использована мировая таблица Пенн (Penn World Table), версия 9.1.

Неоклассическая модель роста Солоу-Свана

Неоклассическая модель роста Солоу-Свана — стандартная модель для теоретического анализа роста национальной экономики, независимо разработанная Робертом Солоу и Тревором Сваном и опубликованная в 1956 г. [7, с. 26].

Существуют варианты модели Солоу-Свана с непрерывным и дискретным временем (мы используем дискретное время). Обобщённый вариант модели [7, с. 26] основывается на следующих предположениях: 1) экономика производит одно потребительское и инвестиционное благо, объём выпуска которого в год t обозначается Y_t ; 2) валовой выпуск экономики (ВВП) определяются по запасу капитала K_t (capital stock), объёму труда L_t и технологическому прогрессу A_t : $Y_t = F(K_t, L_t, A_t)$, где $F(K, L, A)$ — производственная функция, линейно-однородная по K и L , удовлетворяющая ряду ограничений на частные производные и так называемым условиям Инанда; 3) динамика капитала задаётся уравнением: $K_{t+1} = sY_t + (1-\delta)K_t$, где s — норма инвестирования, предполагающаяся постоянной, δ — норма

амортизации капитала; 4) объем труда задаётся как показательная функция времени: $L_t = L_0 r^t$

Основным преимуществом модели Солоу-Свана является простота её теоретического анализа (особенно удобен вариант с непрерывным временем), позволяющего сделать много содержательных заключений о росте национальной экономики. Содержательность модели обуславливает желание оценить её на реальных данных, однако на этом пути исследователь сталкивается с рядом трудностей: 1) неоднородность выпуска экономики и наличие множества инвестиционных активов; 2) непостоянство и эндогенность нормы инвестирования; 3) отклонение динамики от экспоненциального закона и его эндогенность; 4) отсутствие линейной однородности производственной функции. Рассмотрим их более подробно.

Имеется стандартный метод, позволяющий охарактеризовать валовой выпуск многопродуктовой экономики — использовать валовой внутренний продукт; в качестве Y_t мы используем реальный ВВП.

Неоднородность капитала является более серьёзным препятствием. В модели Солоу-Свана неявно предполагается, что капитал однороден по своему составу. В реальности это не так — различные виды капитала характеризуются различными уровнями предельной производительности. Как отмечается в [9], использование оценок капитала, основанное лишь на данных национальных счетов, приводит к недооценке роли капитала. Там же отмечается, что страны с высоким уровнем экономического развития, как правило, вкладывают больше средств в краткосрочные активы, такие как компьютеры и программное обеспечение, и меньше в «долгоживущие» активы, такие как офисные здания или дороги. В упомянутой работе рассматривается методика оценивания услуг капитала, основанная на издержках на приобретения/аренды элементов капитала, хотя, как отмечают авторы, эта работа не является пионерской в данном направлении. Применяя эконометрические методы, авторы подтверждают, что страны с высоким среднедушевым доходом больше инвестируют в активы с небольшим временем жизни.

Подход, основанный на потоке услуга капитала, также упоминается в [3] как средство повышения точности производственной функции. Трудности, связанные с оценкой запаса капитала, отмечаются в [2], [4] и возникают при попыт-

ках вычисления так называемого остатка Солоу — по сути, ряда остатков производственной функции, в том числе для экономики региона [5].

Остаток Солоу, также называемый совокупной факторной производительностью (СФП), и первая методика его вычисления были предложены в работе Р. Солоу 1957 г. Минэкономразвития России выделяет факторы развития страны, т.е. использует макроэкономическую производственную функцию; также увеличение СФП рекомендуется А. Кудриным в качестве одного из наиболее действенных факторов увеличения ВВП [6].

Имеются макроэкономические модели роста, описывающие норму инвестирования как непостоянную (эндогенную). При этом привлекается микроэкономическая теория принятия инвестиционных решений фирм и домохозяйств, см. [7, гл. 5]. В [1] производится математический анализ чувствительности одной из таких моделей, а также приводятся результаты (частичного) оценивания модели по данным трёх стран ЕС, при этом норма амортизации капитала выбираются экспертно, в то время как в данной работе она оценивается. Мы не рассматриваем эти возможности, предполагая норму инвестирования s постоянной (оценивается по данным, см. далее).

Поскольку целью работы является построение модели экономического роста России, экспоненциальная динамика объема использованной рабочей силы $L_t = L_0 r^t$ не адекватна. Вместо неё мы используем модель динамики Бевертон-Холта [12], см. далее.

Оценка макроэкономической производственной функции для России имеет степень однородности, близкую к 2 (см. далее).

Исходные данные и использованные показатели

В качестве источника исходных данных использована мировая таблица Пенн (Penn World Table), версия 9.1 [13]. Диапазон использованных данных (с годовой периодичностью) был ограничен 2000–2017 гг. (последним, имеющимся в таблице). Были использованы следующие шесть показателей:

- $rgdrna$ — реальный ВВП России, трлн. долл. США 2011 г.;
- emp — число занятых, млн. человек;
- avh — среднее число часов, отработанных одним занятым за год;
- hc — индекс человеческого капитала;
- $gnpa$ — реальный капитал, трлн. долл. США

2011 г.;

- $rkna$ — индекс услуг капитала, в постоянных национальных ценах 2011 г.

На их основе были сформированы следующие модельные показатели:

- реальный ВВП, трлн. долл. США 2011 г.: $Y = rgdpna/1e6$;

- объём труда с учётом человеческого капитала, млн. человеко-часов: $L = emp * avh * hc$;

- реальный запас капитала, трлн. долл. США 2011 г.: $K = rnna/1e6$;

- индекс услуг капитала, 2011 г. = 1: $KS = rkna$.

Методика исчисления индекса человеческого капитала KS_t в мировой таблице Пенн описана в [11] и основана на [8].

Построение модели

Модель (без учёта взаимосвязей между случайными возмущениями) представляет собой рекурсивную систему из четырёх уравнений, поэтому последние допустимо оценивать по отдельности, что и было сделано. Оценки всех уравнений модели выполнены в пакете gretl [10]. Все коэффициенты уравнений статистически значимы на уровне 5%.

1) *Динамика объёма использованного труда* L_t . Обозначим $t_0 = t - 2000$ (t — время в годах). Мы предполагаем, что динамика L_t подчиняется модели Бевертон-Холта [12]:

$$L_{t+1} = \frac{n_1 L_\infty L_t}{L_\infty + (n_1 - 1)L_t}$$

Эта модель имеет явное решение [12], параметры которого и были оценены:

$$L_t = \frac{L_\infty L_0}{L_0 + (L_\infty - L_0)n_1^{-t_0}} + \varepsilon_t$$

$$\hat{L}_0 = 404300 \pm 2600$$

$$\hat{L}_\infty = 486000 \pm 16000$$

$$\hat{n}_1 = 1,079 \pm 0,025$$

(здесь и далее после символа «±» приведены стандартные ошибки). Средняя ошибка аппроксимации L_t составляет 0,63%.

2) *Неоклассическая производственная функция* (оценена в логарифмической форме, MA(1) случайные возмущения):

$$Y_t = e^{\beta_0 + \beta_1 t_0} \times (KS_t)^{\beta_2} \times L_t^{\beta_3} \times e^{\varepsilon_t + \theta \varepsilon_{t-1}}$$

$$\hat{\beta}_0 = -17,244 \pm 0,016 \quad \hat{\theta} = 0,59 \pm 0,21;$$

$$\hat{\beta}_1 = 0,0091 \pm 0,0018$$

$$\hat{\beta}_2 = 0,414 \pm 0,046 \quad \hat{\beta}_3 = 1,4157 \pm 0,0012$$

Средняя ошибка аппроксимации Y_t составляет 1,7%.

3) *Зависимость капитальных услуг от прироста капитала*. Как было упомянуто выше, в производственную функцию следует включить услуги капитала KS_t , в то время как основное уравнение (см. ниже) входит запас капитала K_t . Для «замыкания» модели было обнаружено, что KS_t достаточно точно воспроизводится с помощью логистической функции от (логарифмического) прироста K_t :

$$KS_t = \frac{\beta_0}{1 + \exp\left(-\left(\beta_1 + \beta_2 \ln\left(\frac{K_t}{K_{t-1}}\right)\right)\right)} + \varepsilon_t$$

$$\hat{\beta}_0 = 1,06 \pm 0,062 \quad \hat{\beta}_1 = 1,36 \pm 0,38 \quad \hat{\beta}_2 = 159 \pm 39$$

Средняя ошибка аппроксимации составляет 3,75%.

4) *Динамика запаса капитала* (модель линейной регрессии с AR(1) возмущением)

$$K_{t+1} = sY_t + (1 - \delta)K_t + U_{t+1},$$

$$U_{t+1} = \rho U_t + \varepsilon_{t+1}$$

$$\hat{\rho} = 0,54 \pm 0,2; \quad \hat{s} = 0,113 \pm 0,025 \quad 1 - \hat{\delta} = 0,9749 \pm 0,006$$

Средняя ошибка аппроксимации K_t составляет 0,19%. Прогноз (точечный) по построенной модели выполняется в следующем порядке: все значения L_t ; далее последовательно $\hat{K}_{t+1}, \hat{KS}_{t+1}, \hat{Y}_{t+1}$ и т.д. Рис. 1 иллюстрирует прогнозные значения темпа прироста ВВП России около 1,3%.

Выводы

Проведённое моделирование позволяет сделать следующие заключения:

- на основании данных до 2017 г. включительно можно было спрогнозировать выход экономики России на темп роста реального ВВП около 1,3% в год, что подтверждается результатами 2018 г., в котором он составил около 1,5%;

- вопреки распространённому мнению, труд в России очень высокопроизводителен: коэффициент эластичности реального валового выпуска экономики по труду составляет 1,42, при этом наблюдается «синергетический» эффект, т.е. с ростом объёма использованного труда на 1% реальный ВВП возрастает на 1,42%;

- добиться реального ускорения развития

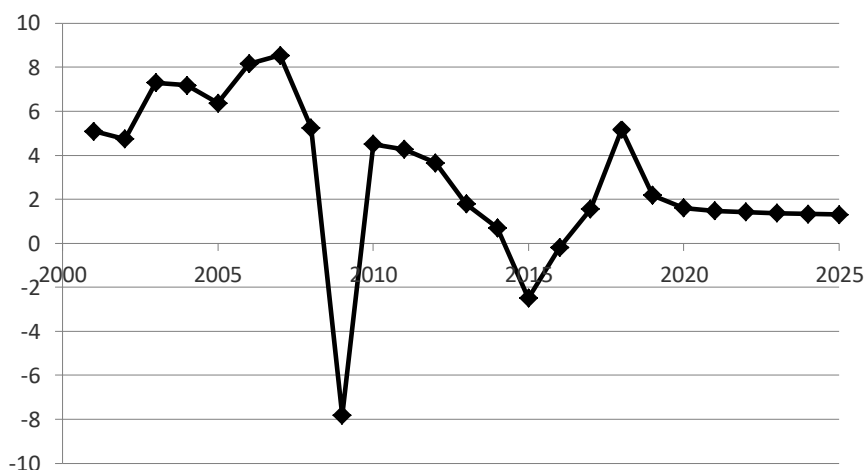


Рис. 1. Темпы прироста реального ВВП России, % (2018–2025 гг. прогноз по модели).

экономики возможно лишь при увеличении в составе капитала «быстрых» его элементов — технологий, передового оборудования, программного обеспечения и т.п.; на уровне государственного управления этого можно добиться за счёт уменьшения объёмов финансирования инфраструктурных проектов; этот вывод может показаться парадоксальным, принимая во внимание большое значение, уделяемое Правительством РФ строительству инфраструктурных проектов; тем не менее, по нашему мнению, время, когда последние играли роль «драйверов» развития экономики, безвозвратно ушло; в условиях постиндустриальной и, тем более, цифровой экономики значение массовой перевозки грузов и пассажиров снижается — их, во многом, должны заменить передача ценных данных и общение с использованием телекоммуникационных сетей; завышенная роль инфраструктурных проектов, по нашему мнению, связана с относительной простотой их управления государственными структурами, наглядностью их результата и общеизвестным субъективным фактором;

- средняя норма инвестирования в 2000–2017 гг. составила 11,3%;
- средняя годовая норма амортизации капитала в 2000–2017 гг. составила 2,51%;
- важнейшим фактором роста экономики России выступает рост человеческого капитала; альтернативы ему нет.

Повышение пенсионного возраста приведёт к постепенному увеличению числа занятых и предельного значения последнего, однако этот эффект, как и эффект от повышения ставки НДС на экономический рост России, можно будет проследить позднее.

В целом, по нашему мнению, модифицированная модель Солоу-Свана с дискретным временем, дополненная феноменологической зависимостью услуг капитала от темпа прироста запаса капитала, моделью Бевертона-Холта для динамики использованного труда и отброшенным ограничением на линейную однородность макроэкономической производственной функции, даёт достаточно точное описание данных, и позволяет сделать осмысленные выводы и реалистичные прогнозы.

Библиографический список

1. Клефшиш Б.Р. Чувствительность макроэкономической модели Солоу-Свана // Перспективы развития мировой социально-экономической системы: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. — Саратов. — 2018. — С. 97–100.
2. Коршунов В.А., Райнхардт Р.О. Оценка остатка Солоу для реального и потенциального ВВП: практический расчет для стран — членов ОЭСР // Вестник Института экономики РАН. — 2017. — № 3. — С. 137–149.
3. Мамонов М.Е., Пестова А.А., Сабельникова Е.М., Апокин А.Ю. Подходы к оценке факторов производства и технологического развития национальных экономик: обзор мировой практики // Проблемы прогнозирования. — 2015. № 6 (153). — С. 45–57.

4. Масленников О.В. Классификация методов расчета совокупной факторной производительности // Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия: Экономика и управление. — 2015. — № 4. — С. 172–175.
5. Петрова В.О., Кокоткина Т.Н., Садовин Н.С. Об оценке вклада факторов производства в экономический рост региона // Инновационные кластеры в цифровой экономике: теория и практика (ИНПРОМ-2017): сб. тр. науч.-практ. конф. — СПб. — 2017. — С. 302–306.
6. Сериков П.Ю., Бучнев А.О. Предпосылки формирования и характеристика совокупной многофакторной производительности как инструмента оценки эффективности ресурсоограниченных экономических систем // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2018. — Т. 8. — № 3. — С. 338–351.
7. Acemoglu D. Introduction to Modern Economic Growth. — Princeton University Press. — 2009. — 1009 p.
8. Barro, R. J., Lee J.-W. A new data set of educational attainment in the world, 1950–2010 // Journal of Development Economics. — 2013. — № 104. — P. 184–198.
9. Capital Services in PWT 9.1 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL https://www.rug.nl/ggdc/docs/pwt91_capitalservices_ipmrevision.pdf (дата обращения: 30.06.2019).
10. Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL <http://gretl.sourceforge.net/> (дата обращения: 30.06.2019).
11. Human capital in PWT 9.0 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/pwt-documentation> (дата обращения: 30.06.2019).
12. Přebilová L. The Solow-Swan model generalization with non-constant labor growth rate // Bulletin of the Czech Econometric Society. — 2011. — Vol. 18. — № 28. — 13 p. / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL https://econpapers.repec.org/article/czsjournal/v_3a18_3ay_3a2011_3ai_3a28_3aid_3a182.htm (дата обращения: 30.06.2019).
13. The Database Penn World Table version 9.1 / [Электронный ресурс]. — Режим доступа: URL <https://www.rug.nl/ggdc/productivity/pwt/> (дата обращения: 30.06.2019).