

Инструментарий для прогнозирования динамики темпов прироста ВВП*

С.В. ДУБОВСКИЙ¹, С.Н. ОСИПОВ¹

¹ Федеральное государственное учреждение Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия

Аннотация. Анализируются внутренние и внешние факторы, влияющие на экономический рост стран, в частности, России. Предлагается макромоделю в виде регрессии, где слева – темп прироста ВВП, а справа – регрессоры – основные управляющие воздействия: темп прироста занятости, производство доли валового накопления в ВВП на численность занятых специалистов в НИОКР, темп прироста цены нефти на мировом рынке. Проводятся вычислительные эксперименты по оценке параметров регрессий на статистиках России и Казахстана. Оцениваются вклады различных факторов в темпы экономического роста.

Ключевые слова: глобализация, патернализм, санкции, инновации, валовое накопление, энергоносители, цена нефти, макромоделю для темпов экономического роста, регрессия, сценарии для управляющих воздействий, прогнозирование.

DOI: 10.14357/20790279180403

Введение

Макромоделю для темпов динамики ВВП разрабатывается с учетом следующей последовательности процессов мирового развития, начавшихся в 70–х годах прошлого века. Универсальный принцип максимизации прибыли каждым элементом рыночных экономик соединяется с процессами глобализации. Это объединение ведет к свободному перемещению по миру основных ресурсов развития: информации, капитала, труда, рабочих мест и технологий.

В результате корпорации и предприниматели получают новый мощный инструмент воздействия на рынки труда и инвестиций: ввоз в более богатые страны дешевого труда из бедных стран и вывоз рабочих мест из стран с дорогим трудом и жесткими экологическими ограничениями в бедные страны с дешевым трудом и нежесткими экологическими ограничениями. В обоих случаях себестоимость производства продукции понижается, а прибыль увеличивается.

Соединение новейших технологий с дешевым трудом ускоряет мировой экономический рост. Поэтому спрос на природные ресурсы может расти быстрее, чем их предложение. На таких интервалах цены на природные ресурсы растут, а на интервалах, где предложение выше спроса, падают. Этот эффект должен учитываться в макромоделю и при формировании сценариев будущего развития.

Универсальный принцип максимизации прибыли в мировой рыночной системе с доминированием частной собственности на средства производства и частной инициативы остается основным в XXI веке при выборе вариантов развития. Поэтому распространение инвестиций, технологий и труда по миру может быть описано как процесс максимизации суммарной коммуникационной энтропии прибылей с учетом политических, демографических, социально-экономических, экологических, ресурсных ограничений и рисков [1]. Часть этих ограничений и рисков довольно плохо прогнозируема. Поэтому многие последствия принципа максимизации прибыли бывают неожиданными.

Достижения глобализации обесцениваются отрицательными последствиями. Растут безработица и уровень социальной напряженности в странах, откуда уходят рабочие места и капиталы. Снижается финансирование инновационного сектора экономики, где генерируются новые технологии. Появляются проблемы межэтнических взаимодействий и интеграции между аборигенами и мигрантами в странах, куда извне приходит дешевый труд. Самое главное – мир в целом быстрее подходит к ограничениям в потреблении природных ресурсов, что выражается в росте их цен. Поэтому в XXI веке парадигма патернализма пытается потеснить парадигму глобализации, начинаются торговые войны за рынки сбыта с повышением пошлин, запретами на продажи технологий и введением политиче-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 14-11-00634).

ских барьеров. Кроме отрицательных последствий глобализации продолжают действовать обычные отрицательные факторы: кризисы, связанные с циклами Кондратьева; обычные финансовые пузыри; экономические санкции по политическим мотивам; перераспределение доходов между различными группами населения.

Особую роль в развитии играет механизм обновления технологий, который ведет к росту производительности труда и уровня жизни. Он складывается из НИОКР (научных исследований и опытно-конструкторских разработок), где генерируются инновации, и инвестиции в промышленную реализацию удачных эффективных инноваций. В рыночных экономиках НИОКР реализуются в основном через систему стартапов при государственной и частной финансовой поддержке. В плановых экономиках НИОКР велись академическими и отраслевыми институтами, а также КБ при государственной финансовой поддержке. Снижение эффективности инноваций в США в 70-х годах прошлого столетия дало толчок к развитию глобализации. Сокращение российских НИОКР до 30% от уровня 1990 г. и вывоз капиталов за рубеж практически остановили возможности технологического обновления, роста производительности труда и экономического развития для России.

Работа ориентирована на лаконичное рассмотрение технических проблем моделирования динамики ВВП. Подробный анализ социально-экономических проблем РФ представлен в [2,3].

1. Макромодель для темпа прироста ВВП

В публикации [4] изложены две техники построения макромодели экономического роста. Первая используется, когда исходная аксиоматика формулируется в терминах микроописания, вторая – когда исходная аксиоматика формулируется непосредственно в терминах макроописания. Здесь используется второй подход.

Предполагаем, что Y – ВВП является непрерывной и дифференцируемой функцией от K – капитала (производственных фондов), L – численности занятых, U – производительности труда (средней выработки ВВП на одного занятого, связанной с обновлением технологий), P – цены нефти марки Brent на мировом рынке:

$$Y = Y(K, L, U, P). \quad (1)$$

Дифференцируем эту функцию и формулируем аксиоматику в терминах макропоказателей, чтобы вычислить частные производные от ВВП по всем четырем факторам:

$$dY = \frac{\partial Y}{\partial K} dK + \frac{\partial Y}{\partial L} dL + \frac{\partial Y}{\partial U} dU + \frac{\partial Y}{\partial P} dP. \quad (2)$$

Эластичности ВВП по всем факторам определяем как следующие выражения:

$$\frac{\partial \ln Y}{\partial \ln K} = n, \quad \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln L} = (1-n)\alpha, \\ \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln U} = (1-n)\beta, \quad \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln P} = (1-n)\gamma, \quad (3)$$

где n – доля валового накопления в ВВП; α, β, γ – оцениваемые параметры.

Вычисляя с помощью выражений (3) частные производные и подставляя их в (2), получаем дифференциальное уравнение:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = n \frac{\dot{K}}{K} + (1-n) \left[\alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{U}}{U} + \gamma \frac{\dot{P}}{P} \right]. \quad (4)$$

При постоянной доле в ВВП валового накопления n уравнение (4) имеет интеграл в виде модифицированной функции Кобба-Дугласа:

$$Y = CK^n L^\alpha U^\beta P^\gamma, \quad (5)$$

где C – произвольная постоянная, общий множитель $(1-n)$ при параметрах α, β, γ может быть опущен. Обычно условие постоянства $n(t)$ не соблюдается, в этом случае при использовании функции К.-Д. появляется заведомая ошибка в вычислениях.

Приняв гипотезу, что темпы прироста ВВП и действующего капитала совпадают, можно избавиться от переменной $K(t)$ и упростить уравнение (4) до следующего вида:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta \frac{\dot{U}}{U} + \gamma \frac{\dot{P}}{P}. \quad (6)$$

Здесь темпы прироста численности занятых и цен на нефть обычно известны на историческом периоде или задаются в гипотетических сценариях. Проблемой является задание темпа прироста производительности труда (средней выработки ВВП на одного занятого), связанного с обновлением технологий. В [5] предлагается линейная зависимость этого темпа от доли занятых в НИОКР в общей занятости. В [6] предлагается логиста из тех же переменных. Но материализация новых технологий обязательно требует инвестиций. Поэтому для темпа прироста производительности труда здесь используется формула (7), выведенная в публикации [7]:

$$\frac{\dot{U}}{U} = \frac{\dot{F}}{K} \left(\frac{u}{U} - 1 \right) = \\ = \frac{\dot{F}}{Y} \frac{Y}{K} \left(\frac{u}{U} - 1 \right) = n\sigma \frac{Y}{K}, \quad (7)$$

где $\dot{F} = nY$ – валовое накопление, u – производительность труда на самых новых рабочих местах, $\sigma = [(u/U) - 1]$ – эффективность инноваций. Таким образом, темп прироста средней производительности

ности труда, связанной с обновлением технологий, является произведением трех показателей: нормы валового накопления n , эффективности инноваций σ и фондоотдачи Y/K . Подставляя формулу (7) в (6), получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\dot{Y}}{Y} &= \alpha \frac{\dot{L}}{L} + \beta n \sigma \frac{Y}{K} + \gamma \frac{\dot{P}}{P} = \\ &= \alpha \frac{\dot{L}}{L} + b n \sigma + \gamma \frac{\dot{P}}{P}. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь коэффициент β заменен на b , поскольку он умножен на постоянную фондоотдачу. К сожалению, статистику $\sigma(t)$ не принято создавать непосредственно по технологиям, но она может быть заменена статистикой численности специалистов, занятых в НИОКР - $N(t)$. Поэтому окончательный вид предлагаемой регрессии после замены дифференциалов конечными приращениями можно записать так:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta Y}{Y}(t) &= \alpha \frac{\Delta L}{L}(t) + \\ &+ b n(t-1)N(t-1) + \gamma \frac{\Delta P}{P}(t), \end{aligned} \quad (9)$$

где оцениваются коэффициенты α, b, γ .

Заметим, что регрессия (9) может быть трансформирована непосредственно в регрессию для ВВП с элементами авторегрессии:

$$\begin{aligned} Y(t) &= \lambda Y(t-1) + \alpha \frac{\Delta L}{L}(t)Y(t-1) + \\ &+ b n(t-1)N(t-1)Y(t-1) + \\ &+ \gamma \frac{\Delta P}{P}(t)Y(t-1), \end{aligned} \quad (10)$$

где $\lambda, \alpha, b, \gamma$ – оцениваемые коэффициенты.

2. Вычислительные эксперименты

Российская статистика для вычислительных экспериментов с макромоделью взята из сборников Рос-

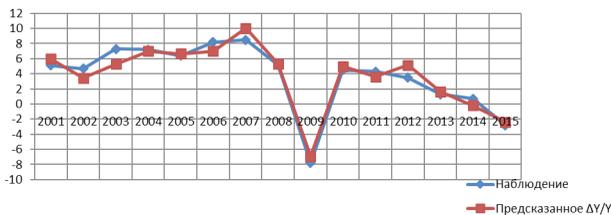


Рис. 1. Темп прироста российского ВВП как регрессия:

$$\begin{aligned} \Delta Y/Y &= 7,14 \Delta L/L + 0,0249 n(t-1)N(t-1) + 4,792 \Delta P/P; \\ R &= 0,9836; R^2 = 0,9675; R^2_{\text{норм}} = 0,8788; \\ t \text{- статистика: } &13,82; 6,48; 4,23 \end{aligned}$$

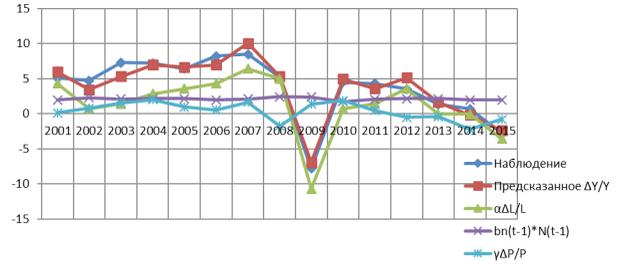


Рис. 2. Графики наблюдаемого и предсказанного темпов прироста российского ВВП, а также вкладов в общий темп регрессоров с учетом их коэффициентов в регрессии: темп прироста занятости, произведение валового накопления на численность специалистов в НИОКР, темп прироста цены на нефть сорта брент

стата [8] с внесением всех поправок из последующих изданий. Графики и результаты оценки регрессии (9) на российской статистике приведены на рис. 1.

Можно отметить близость графиков наблюдений и регрессии, высокие показатели корреляции и детерминации, удачное отражение кризиса 2008-09 гг., статистическую значимость всех отраженных в регрессии факторов.

На рис. 2 представлены наблюдаемые и вычисленные темпы прироста ВВП, а также вклады отдельных регрессоров с учетом их коэффициентов в регрессии. Обращает внимание на себя скромный (на уровне 2%), но стабильный вклад произведения нормы накопления на численность специалистов в НИОКР. Этот вклад легко «съедается» снижением занятости и цен на нефть. Кризис 2008-09 г., связанный с циклом Кондратьева, отмечен сверхпадением занятости и цены на нефть.

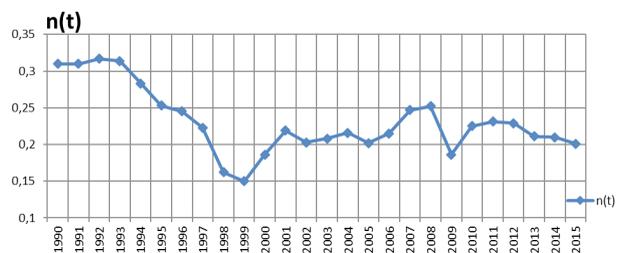


Рис. 3. Доля валового накопления в российском ВВП

Данные на рис.3. показывают, что доля валового накопления в ВВП более или менее стабилизировалась около цифры 0,2 начиная с 2001 г. Она меньше показателя 1990 г. в 1,6 раз. Поскольку доля российской валовой прибыли в ВВП примерно равна 0,4, валовое накопление могло бы быть гораздо больше, чем 0,2, если бы не вывоз прибыли, заработанной в России, за рубеж.

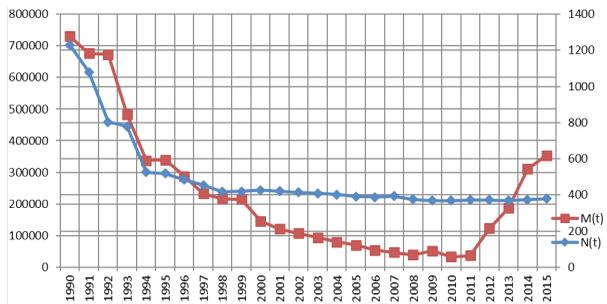


Рис. 4. Численность М, выехавших из РФ (левая ось); численность N специалистов (в тыс.), занятых в НИОКР (правая ось)

Из рис. 4. следует, что основное снижение численности специалистов в НИОКР прошло до 1998 г. Потом численность специалистов стабилизировалась. Интересно, что темпы снижения численности специалистов примерно совпадали с темпами снижения общей эмиграции. Общая эмиграция вновь начала резко расти с 2012 г., но численность специалистов в НИОКР почти не менялась.

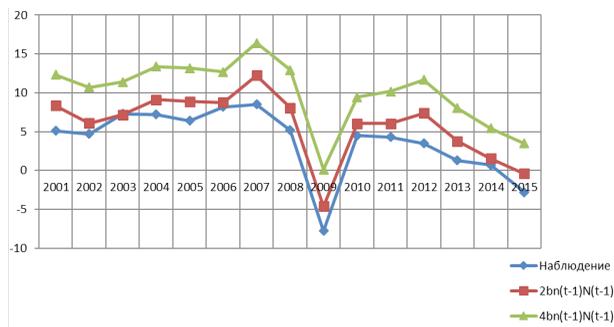


Рис. 5. Наблюдаемые темпы прироста российского ВВП и они же, вычисленные с помощью регрессии при наблюдаемых занятости и цене на нефть, но измененном произведении нормы валового накопления и численности специалистов в НИОКР

На рис. 5 приведены фактически наблюдаемые темпы прироста ВВП и они же вычисляются с помощью регрессии для двух гипотетических сценариев. Сохраняется поведение темпов прироста занятости и цены нефти на мировом рынке, но меняются норма валового накопления и численность специалистов в НИОКР. Поскольку валовая прибыль в российской экономике находилась в окрестности 40% ВВП, то доля валового накопления могла быть увеличена до значения 0,4, т.е. в 2 раза. Численность специалистов в НИОКР также могла быть сохранена в 2 раза больше, поэтому имеет смысл посмотреть два сценария с увеличением производства в 2 и 4 раза больше. Результаты

этих двух гипотетических сценариев приведены на рис. 5. Гипотетический отказ от вывоза капиталов и сохранение хотя бы 60% численности специалистов в НИОКР порождают гипотетическое экономическое чудо, похожее на реальное китайское.

Проведены вычислительные эксперименты для Республики Казахстан на основе формулы (9). Статистика для макромоделли взята из сайта Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан (stst.gov.ru).

Графики и результаты оценки регрессии (9) приведены на рис.6.

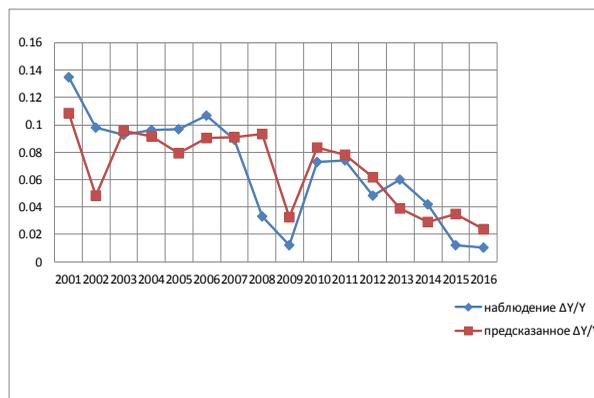


Рис. 6. Темпы прироста казахского ВВП как регрессия:

$$\Delta Y/Y = 1,001 \cdot \Delta L/L + 0,01 \cdot n(t-1) \cdot N(t-1) + 0,046 \cdot \Delta p/p$$

$$R=0,94; R^2= 0,9; R^2_{\text{norm}}=0,8;$$

$$t \text{ - статистика: } 3,15; 4,8; 1,7$$

Можно отметить относительную близость графиков наблюдений и регрессии, высокие показатели корреляции и детерминации, отражение кризиса 2008-09 г.г., статистическую значимость первых двух отраженных в регрессии факторов. Однако в 2002 году в целом модель недостаточно точно описывает динамику ВВП Республики Казахстан, что может быть связано с колебаниями численности занятых в НИОКР (переменная N(t)), либо недостоверностью статистических данных. Отметим, что численность работающих, занятых в НИОКР, выросла с 2001 года

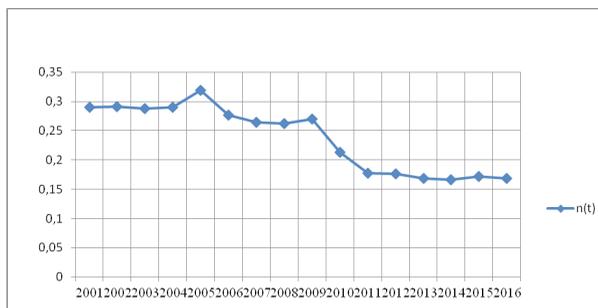


Рис. 7. Доля валового накопления в ВВП Республики Казахстан

в 1,5 раза, что в определенной степени компенсировало падение доли валового накопления с 2001 года в 1,7 раза (рис. 7). Падение темпов прироста казахского ВВП обусловлено недостаточной величиной доли валового накопления (17%).

Заключение

Из приведенных статистических данных и результатов вычислительных экспериментов следует, что новый российский механизм обновления технологий, возникший после 1991 г., не смог заменить прежний механизм. Технологии обновлялись только в ВПК и с помощью импорта зарубежного оборудования. Организованные стартапы не смогли заменить прежнюю систему НИОКР, поскольку не имели кадров и достаточной поддержки со стороны государственного и частного (в частности, семейного) финансирования. Средства, которые могли бы пойти на теоретическую разработку новых высокопроизводительных технологий и их материальное воплощение, вывозились за рубеж. Ощутимый экономический рост наблюдался только на участках резкого повышения цены нефти на мировом рынке, но он сменялся спадом, когда цена нефти падала. Избавление от сильной зависимости от мирового рынка нефти возможно только с созданием полноценного механизма обновления технологий и повышения нормы валового накопления не менее, чем до 0,4.

Дубовский Сергей Васильевич. ИСА ФИЦ ИУ РАН. Ведущий научный сотрудник. Кандидат физико-математических наук, доцент. Количество печатных работ: более 130. Область научных интересов: моделирование и прогнозирование развивающихся систем. E-mail: s-dubov@yandex.ru

Осипов Сергей Николаевич. ИСА ФИЦ ИУ РАН. Ведущий научный сотрудник. Кандидат физико-математических наук. Количество печатных работ: более 50. Область научных интересов: моделирование и прогнозирование развивающихся систем. E-mail: isa@isa.ru

Литература

1. *Попков Ю.С.* Математическая демоэкономика. Макросистемный подход. М.:URSS.2012.
2. *Лившиц В.Н., Лившиц С.В.* Системный анализ нестационарной экономики России (1992-2009): рыночные реформы, кризис, инвестиционная политика. М.: Поли Принт Сервис. 2010. 452 с.
3. *Лившиц В.Н.* Системный анализ рыночного реформирования нестационарной экономики России: 1992 – 2013. М. : ЛЕНАНД, 2013. 640 с.
4. *Дубовский С.В.* Энергетика и распределение доходов в экономическом развитии. Математические модели. М.:РОХОС, 2004.
5. *Jones Ch.I.* 1995. R&D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*, 103(4): 759-784.
6. *Садовничий В.А., Акаев А.А., Коротаев А.В., Малков С.Ю., Соколов В.Н.* Анализ и моделирование мировой и страновой экономики. М.: ЛЕНАНД, 2016. С. 346.
7. *Дубовский С.В.* Научно-технический прогресс в глобальном моделировании. Изд. Наука. Системные исследования, Ежегодник 1988 год. М.: Наука. 1989. С. 112-135.
8. *Россия в цифрах.* Краткий статистический сборник. М.: Росстат.1996-2017.

Tools to predict the dynamics of GDP growth

S. V. Dubovsky¹, S. N. Osipov¹

¹ Institute for Systems Analysis, Federal Research Center “Computer Science and Control” of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Abstract. The internal and external factors influencing the economic growth of the countries, in particular, Russia, are analyzed. A macro model is proposed in the form of a regression, where on the left the GDP growth rate, and on the right the regressors – the main control effects: the employment growth rate, the product of the share of gross savings in GDP on the number of employed specialists in R & D, the growth rate of oil prices on the world market. Computational experiments are carried out to estimate regression parameters on the statistics of Russia and Kazakhstan. The contributions of various factors to the economic growth rate are estimated. Conclusions are given.

Keywords: *globalization, paternalism, sanctions, innovations, gross accumulation, energy carriers, oil price, macro model for economic growth rates, regression, scenarios for control actions, forecasting.*

DOI: 10.14357/20790279180403

References

1. *Popkov Yu.S.* Mathematical demoeconomics. Macrosystem approach. Moscow:URSS.2012.
2. *Livshits V.N., Livshits S.V.* System analysis of non-stationary economy of Russia (1992-2009): market reforms, crisis, investment policy. – M. : Poly Grant Service. 2010 -452 p.
3. *Livshits V.N.* System analysis of market reforming of non-stationary economy of Russia: 1992-2013. M. : LENAND, 2013 – 640.
4. *Dubovsky S.V.* Energy and income distribution in economic development. Mathematical models. M:ROHOS, 2004.
5. *Jones Ch.I.* R&D-Based Models of Economic Growth. Journal of Political Economy, 1995, 103(4): 759-784.
6. *Sadovnichiy V.A., Akayev A.A., Korotaev A.V., Malkov S.Yu., Sokolov V.N.*, Analysis and modeling of global and country’s economy. M. LENAND, 2016, P. 346.
7. *Dubovsky S.V.* Scientific and technical progress in global modeling. Ed. Science. System studies, Yearbook 1988, ed.1989, Pp. 112-135.
8. Russia in numbers. Brief statistical guide. M., Rosstat.1996-2017.

Dubovsky Sergey Vasilievich. Leading researcher of Federal Research Center ‘Computer Science and Control’ of the Russian Academy of Sciences. Candidate of physical and mathematical Sciences, associate Professor. Number of printed works: more than 130. Research interests: modeling and forecasting of developing systems. E-mail: s-dubov@yandex.ru

Osipov Sergey Nikolaevich. Leading researcher of Federal Research Center ‘Computer Science and Control’ of the Russian Academy of Sciences. Candidate of physical and mathematical Sciences, senior researcher. Number of printed works: more than 50. Research interests: modeling and forecasting of developing systems. E-mail: isa@isa.ru