

УДК 330.45

DOI 10.21661/r-114163

М.И. Чибрик**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ДИНАМИКИ РОССИИ**

Аннотация: в статье представлен подход к моделированию циклической макроэкономической динамики, позволяющий повысить точность аппроксимации реальных данных для последующего прогнозирования среднесрочных изменений в объеме валового внутреннего продукта. Данный подход позволяет более точно определять переломные точки циклов и фиксировать изменения в амплитуде и продолжительности отдельных волн цикла. В статье также представлен сравнительный анализ построенной модели и модели простого синуса, как правило используемой при практических исследованиях.

Ключевые слова: валовый внутренний продукт, экономический цикл, моделирование, асимметричные модели, трансформация экономического цикла.

M.I. Chibrik**THE MATHEMATICAL MODELING OF MACROECONOMIC DYNAMICS
OF RUSSIA**

Abstract: the article covers an approach to modelling of the cyclic macroeconomic dynamics, which allows to increase the accuracy of approximation of the real data in order to further forecasting of the medium-term changes in volume of gross domestic product. This approach allows to determine more accurately the turning points of cycles and to fix the changes in the amplitude and duration of the separate cycle waves. The article also covers the comparative analysis of the constructed model and the «simple-sine» model generally used at practical researches.

Keywords: gross domestic product, economic cycle, modeling, asymmetric models, economic cycle transformation.

Модели аппроксимации данных

Мировая экономика в последние годы характеризуется крайней нестабильностью, что связано как с политическими, так и с социально-экономическими процессами, протекающими в мировом сообществе. С экономической точки зрения, нестабильность экономики можно связать с вхождением цикла Кондратьева в фазу депрессии. Первостепенной задачей становится детальный анализ макроэкономической статистической информации, а также создание новых подходов к моделированию циклической динамики в целях определения карты экономической конъюнктуры и выявления оснований для прогноза будущей экономической ситуации. Рассмотрению проблем цикличности посвящено множество работ как отечественных [1; 3–5; 6], так и зарубежных [7; 9; 12; 14] авторов. Данная тематика актуальна за рубежом и в настоящее время, так как публикация работ, рассматривающих цикличность макросистем продолжается, а количество исследователей этой сферы только растет [8; 13].

Для аппроксимации реальных макроэкономических данных предлагается использовать асимметричные модели, позволяющие показать не только более точную диагностику экономических циклов по эмпирическим данным, но и выявить процессы трансформации экономических циклов в последние полвека.

Основными особенностями данных моделей является нестандартный подход к моделированию фаз цикла. Моделируемый цикл сравнивается с жизненным циклом человека от его рождения и до смерти. Таким образом возникает асимметричность, связанная с разной динамикой активности на ранних и поздних стадиях жизни цикла. В отличие от стандартной, волнообразной модели цикла, восходящая волна в асимметричной модели имеет более пологий характер, тогда как нисходящая волна имеет более крутой наклон.

Стандартной моделью, применяемой в большинстве исследований, является модель простого синуса (1):

$$y = A + b \times \sin(c \times X + d) . \quad (1)$$

Здесь «А» – параметр, отвечающий за сдвиг функции относительно оси ординат; «d» – относительно оси абсцисс; параметры «b» и «с» являются «параметрами масштаба» и отвечают соответственно за сужение и расширение функции относительно осей Y и X.

Одной из модификаций модели (1), разработанной в ходе работ по гранту 14–28–00065 РНФ, является модель (2), получившая название «модель сложного синуса»:

$$y = A + b \times \sin(c \times X + d + f \times \sin(c \times X + g)). \quad (2)$$

Модификацией здесь является введение дополнительного синуса, делающее возможным описание асимметричных процессов за счет управления параметрами. При изменении параметра «f», ответственного за масштаб дополнительной тригонометрической функции, модель претерпевает изменения – фаза подъема становится более затяжной и полой, в то время как фаза спада «сужается» и становится более резкой. Рисунок 1 представлен с учетом следующих значений параметров: $A = 1$; $b = 1$; $c = -0,3$; $d = 0$; $f = 0,5$; $g = -0,5$.

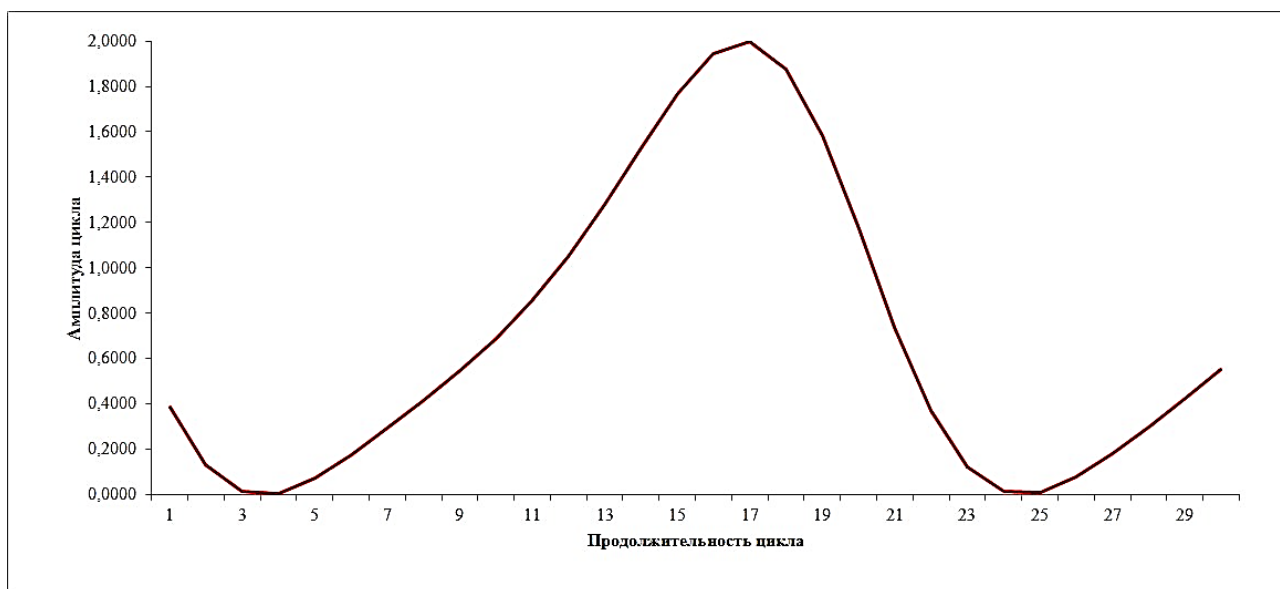


Рис. 1 Модель сложного синуса (2) при $g = -0,5$.

Основным преимуществом данной модели является возможность фиксации поворотных точек цикла, возникающих на отдельных стадиях цикла. Если на

восходящей стадии цикла наблюдался снижение темпов роста значений исследуемого показателя, можно уловить его, изменив значение параметра g .

Так, при значении параметра $g = 0,3$ модель видоизменится следующим образом (рис. 2).

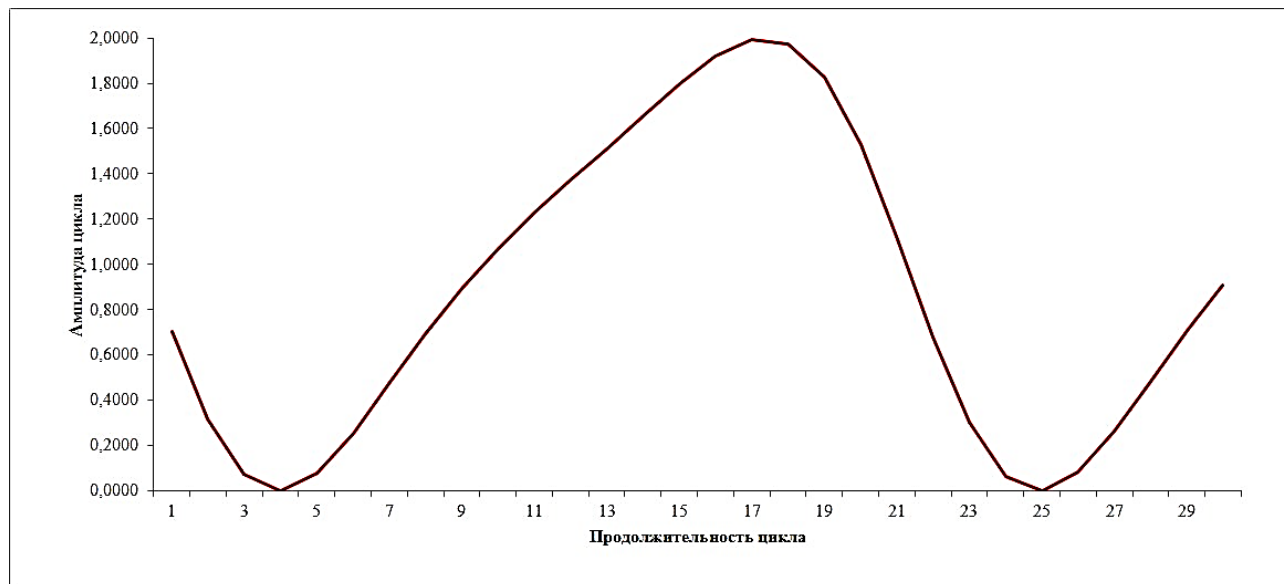


Рис. 2 Модель сложного синуса (2) при $g = 0,3$.

Более продвинутой модификацией модели 1 является модель, разработанная совместно с профессором В.Н. Соколовым. Модель Соколова имеет аддитивное и мультипликативное (3) представление и позволяет управлять продолжительностью циклов, расширяя или сужая ее от одного витка цикла к последующему.

$$y = (g + h \times t) \times \sin \left\langle \frac{\pi}{\left[\arctg\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]^2 + \frac{\pi^2}{4}} \times \left\{ \arctg \left[\frac{1}{\left(\frac{t^k \times \pi \times t}{p} - f \right)} - \Delta \right] \times \right. \right. \right. \left. \left. \times \arctg \left[\frac{1}{\left(\frac{t^k \times \pi \times t}{p} - f \right)} \right] - \frac{\pi^2}{4} \right\} + \frac{\pi}{2} \right\rangle. \quad (3)$$

Функция арктангенса схожа по форме с логистической функцией (4), используемой в трудах М. Хирооко [10; 11] для описания жизненного цикла инноваций. Этот факт позволяет обосновать ее применение в модели с экономической

точки зрения, так как любой процесс в реальной экономике развивается постепенно, набирая обороты и, наконец, затухая.

$$Y = \frac{A}{1+b \times e^{-c \times t}} + d. \quad (4)$$

Процесс постепенного перерождения цикла лучше отражает аддитивная модель, тогда как мультипликативная модель отражает такую ситуацию в экономике, когда, достигнув точки пика, цикл мгновенно перерождается, впадая в фазу кризиса. Обе эти ситуации возможны на практике, поэтому для различных показателей одна из моделей может давать более точный процент достоверности при аппроксимации.

С другими моделями, позволяющими фиксировать асимметрию циклических процессов и регулировать амплитуду и продолжительность циклов, можно познакомиться в трудах исследовательского коллектива СПбГЭУ [2].

Моделирование динамики ВВП России

Построение прогнозов на длительный временной отрезок требует наличия масштабной статистической базы. При анализе макроэкономики России становится ясно, что построение достоверных и согласованных прогнозных объемов макропоказателей нашей страны возможно лишь на 2–3 года. Прогнозы, выходящие за рамки этого отрезка можно считать недостоверными.

Стоит отметить, что применение асимметричных моделей для анализа реальных данных дает весьма информативные результаты. Исследования с применением указанных выше моделей были проведены на основе макроэкономической статистики Австрии, Великобритании, Канады, Норвегии, США, Финляндии, Японии и других стран.

Однако, ситуация с российской экономикой сложнее и применение асимметричных моделей приводит к не столь большому повышению точности аппроксимации, как в случае с масштабной зарубежной статистикой. На рисунке 3 представлен исходный ряд анализируемых данных (поквартальный ВВП России за 1995–2016 гг.) и путем наложения логистической функции (4) выделен тренд.

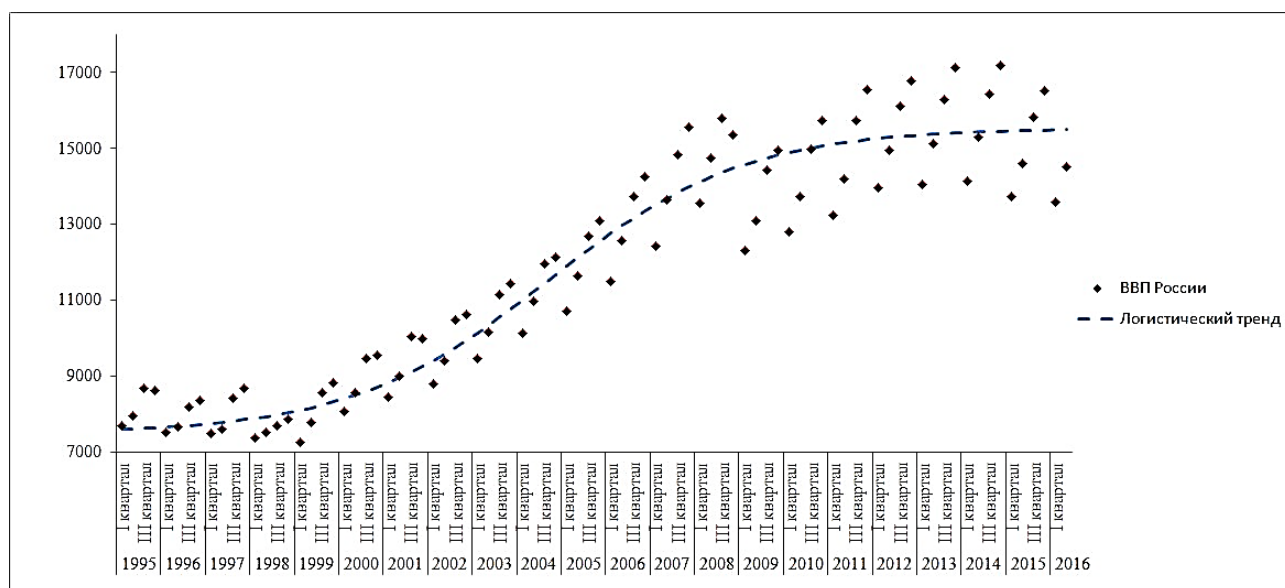


Рис. 3. Аппроксимация значений ВВП России логистической функцией

Далее был выделен стационарный ряд остатков, отражающий циклические колебания, окружающие тренд (рис. 4) и применены функции синуса (1) и асимметричная функция (3) для аппроксимации полученных значений.

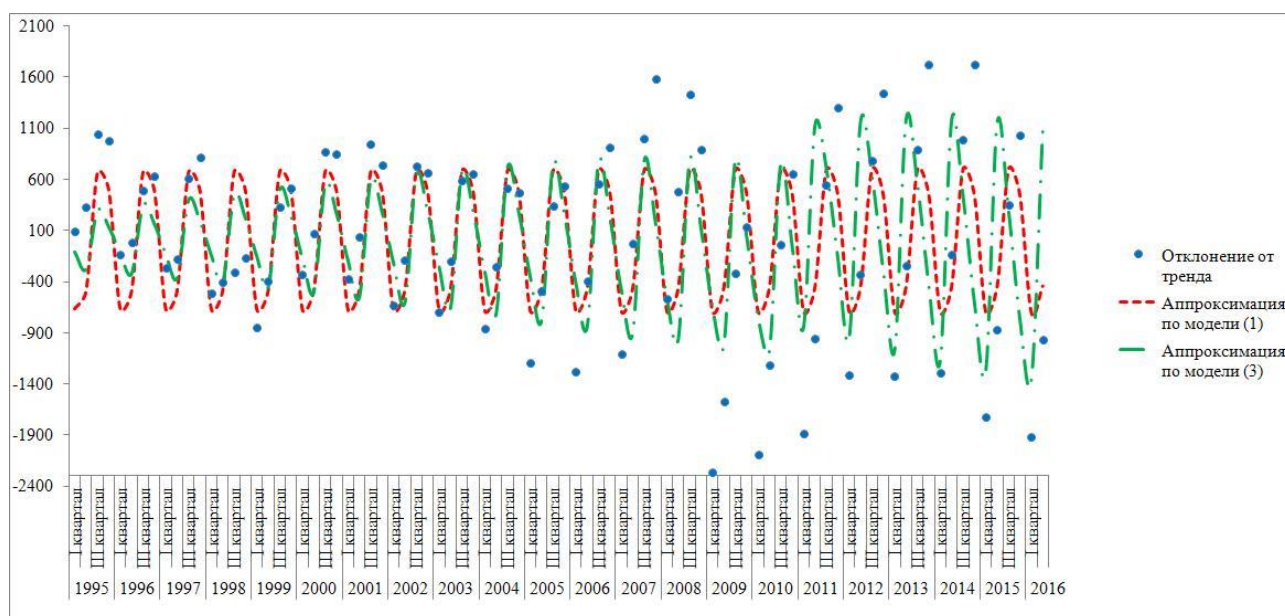


Рис. 4. Аппроксимация циклических колебаний по моделям (1) и (3)

По результатам аппроксимации данных были сделаны следующие выводы:

1. Стандартное отклонение смоделированного по модели (1) ряда от исходного ряда составило 347,86 единицы, в то время, как стандартное отклонение, достигнутое по модели (3) оказалось меньше и составило 342,69 единицы.

2. Коэффициент детерминации по моделям (1) и (3) составил соответственно 26,3% и 49,5%, что является значимым показателем с учетом того, что разброс снизился всего на 5,17 единиц.

3. Модель (1) не отражает «расширение» циклической волны, начинающееся с 2000 года, а также наблюдается слабый эффект сдвига поворотных точек синусоиды относительно реальных данных.

4. Модель (1) не отражает увеличение амплитуды цикла, которое прослеживается на реальных данных и подтверждается при аппроксимации по модели (3).

Полученные по модели (3) значения могут быть использованы для дальнейшего прогнозирования валового внутреннего продукта России. В качестве тренда, на котором рекомендуется строить прогнозные значения, выступает логистическая функция (4). Пример построения прогноза представлен на рисунке 5.

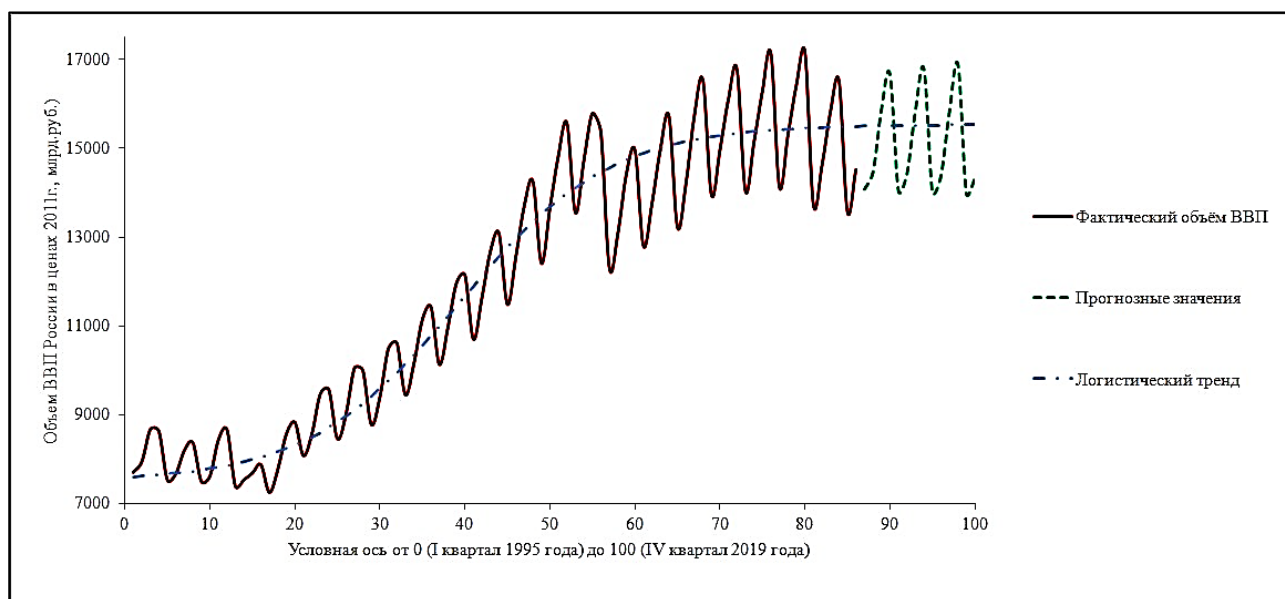


Рис. 5. Построение прогноза изменения показателя ВВП
до IV квартала 2019 года

По результатам прогноза, в экономике России будет наблюдаться снижение темпов роста ВВП по сравнению с предыдущими годами. Тенденция роста амплитуды циклических процессов как отражение общей нестабильности экономического и социально-политического положения в стране будет сохраняться, но уже в меньших масштабах.

Резюмируя, можно заключить, что разработка асимметричного подхода к моделированию экономических циклов позволяет более точно аппроксимировать реальные данные, не давая эффекта сдвига поворотных точек цикла относительно реальных данных. Асимметричные модели способны уловить преобразование, то есть трансформацию цикла, выражающуюся либо в сокращении продолжительности среднесрочных и долгосрочных циклов, либо увеличение продолжительности и амплитуды более коротких экономических циклов. Это говорит о серьезной трансформации не только циклического механизма, но и всей мировой экономики, которая становится более неустойчивой. Ситуация с трансформацией циклов ставит также новые задачи перед исследователями, в частности, усложняется проблема диагноза и прогноза развития системы.

В отношении экономики России стоит отметить, что постепенное накопление статистических данных со временем позволит строить более достоверные и точные прогнозы. На данный же момент ситуация такова, что исследователям приходится использовать преобразованные и объединенные макроданные из разрозненных источников. Таким образом, прогностическая картина искажается в целом еще на этапе сбора данных и подготовки к исследованию. Применение различных моделей вносит дополнительные искажения, поэтому вопрос точного и достоверного моделирования макроэкономической динамики России все еще остается нерешенным.

Работа выполнена на средства гранта 14–28–00065 Российского Научного Фонда «Структурно-циклическая парадигма экономического и технологического обновления макросоциальных систем (Мир и Россия в первой половине XXI века)».

Список литературы

1. Акаев А.А. Экономические циклы и экономический рост / А.А. Акаев, С.Ю. Румянцева, А.И. Сарыгулов, В.Н. Соколов. – СПб.: Политехнический университет. – 2011. – 456 с.
2. Баринаева М. Асимметричные циклы в экономике М. Баринаева, Р. Жак, А. Курылева, А. Лушкин, М. Чибрик. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. – 2014. – 288 с.
3. Гринин Л.Е. Вербальная модель соотношения длинных кондратьевских волн и среднесрочных жюгларовских циклов // Анализ и моделирование глобальной динамики / Отв. ред. А.В. Коротаев, С.Ю. Малков, Л.Е. Гринин. – М.: Книжный Дом Либроком. – 2010. – С. 44–70.
4. Клименко Л.А. Длинные волны в экономике. Когда общество меняет кожу / Л.А. Клименко, С.М. Меньшиков. – М.: Международные отношения, 1989. – 272 с.
5. Цветков В.А. Циклы и кризисы: Теоретико-методологический аспект. Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Институт проблем рынка РАН / В.А. Цветков. – М.; СПб.: Нестор-История, 2013. – 503 с.
6. Шматко А.Д. Исследование циклического характера развития экономических систем / А.Д. Шматко, Д.Ф. Курбанбаева // Ползуновский альманах. – Барнаул: АлтГТУ. – 2009. – №1. – С. 95–97.
7. Berry B.J.L. Long Wave Rhythms in Economic Development and Political Behavior. – Baltimore: Johns Hopkins University Press. – 1991.
8. Bitler M. Heterogeneity in the Impact of Economic Cycles and the Great Recession: Effects Within and Across the Income Distribution // American Economic Review, Papers and Proceedings. – 2015. – №5. – Vol. 105. – P. 154–160.
9. Glismann H.H. Long Waves in Economic Development: Causes and Empirical Evidence / H.H. Glismann, H. Rodemer, W. Wolter / Ed. by Chr. Freeman // Long Waves in the World Economy. – London: Butterworth, 1983. – P. 135–163.
10. Hirooka M. Innovation Dynamism and Economic Growth. A Nonlinear Perspective. – Cheltenham, UK; Northampton, MA: Edward Elgar. – 2006.

11. Hirooka M. Nonlinear Dynamism of Innovations and Business Cycle // Journal of Evolutionary Economics. – 2003. – P. 549–576.

12. Modelski G. Global Political Evolution, Long Cycles, and K-Waves. Kondratieff Waves, Warfare and World Security / Ed. by T.C. Devezas. – Amsterdam: IOS Press. – 2006. – P. 293–302.

13. Tase M. Sectoral Dynamics and Business Cycles // Finance and Economics Discussion Series 2016–066. – Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System. – 2016.

14. Thompson W.R. The Kondratieff Wave as Global Social Process // World System History, Encyclopedia of Life Support Systems, UNESCO / Ed. by G. Modelski, R. Denemark. – Oxford: EOLSS Publishers. – 2007.

Чибрик Максим Игоревич – аспирант кафедры прикладной математики и экономико-математических методов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», Россия, Санкт-Петербург.

Chibrik Maksim Igorevich – postgraduate of the Department of Applied Mathematics and Economic and Mathematical Methods FSBEI of HE “Saint-Petersburg State University of Economics”, Russia, Saint-Petersburg.
