

УДК 338.9  
ББК 65.9(2Р)+60.55  
И 889

И 889 **Исследования молодых учёных: экономическая теория, социология, отраслевая и региональная экономика** / под ред. О.В. Тарасовой, А.А. Горюшкина – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2017. – 432 с.

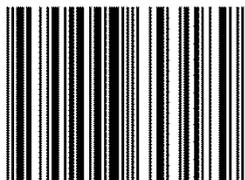
ISBN 978-5-89665-318-9

Сборник статей сформирован по итогам XIII Осенней конференции в новосибирском Академгородке «Актуальные вопросы экономики и социологии». Материалы сборника содержат результаты исследований по таким направлениям экономических и социологических исследований, как региональная экономика и территориальное развитие, экономика и управление предприятиями, социально-экономические проблемы современного общества, экономические проблемы экологии и природопользования, общеэкономические проблемы. Публикуемые материалы могут содержать спорные авторские идеи и помещены в сборнике для дискуссии.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов экономических факультетов вузов.

УДК 338.9  
ББК 65.9(2Р)+60.55

ISBN 978-5-89665-318-9



9 785896 653189

© ИЭОПП СО РАН, 2017  
© Коллектив авторов, 2017

**ШЕВЕЛЕВА О.А., ШЕВЕЛЕВ А.А.**

Новосибирский государственный университет,  
ИЭОПП СО РАН, Новосибирск

**БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ШОКОВ НА  
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОССИИ**

В работе исследуется влияние внутренних (ставка денежного рынка MIBOR) и внешних (цена нефти марки Brent) шоков на динамику макроэкономических показателей России с помощью байесовского подхода к оценке параметров векторной авторегрессии с использованием сопряженного нормального – обратного Уишарта априорного распределения и рекурсивной идентификации структурных шоков.

*Ключевые слова:* BVAR, байесовская векторная авторегрессия, внешнеэкономические шоки, денежно-кредитная политика, ставка денежного рынка MIBOR, макроэкономика.

## **BAYESIAN APPROACH TO ESTIMATING THE IMPACT OF INTERNAL AND EXTERNAL SHOCKS ON THE RUSSIAN MACROECONOMIC INDICATORS**

The influence of internal (Moscow Inter – Bank Offered Rate) and external (Crude Oil Brent price) shocks on the dynamics of the Russian macroeconomic indicators with Bayesian approach to estimating vector autoregressive parameters using a conjugate normal-inverse Wishart prior distribution and a recursive identification of structural shocks were investigated in this paper.

*Keywords:* BVAR, Bayesian vector autoregression, external shocks, monetary policy, MIBOR, macroeconomics.

Российская экономика в последнее время оказалась подвержена влиянию масштабных негативных шоков: падение цен на углеводородное сырье, осложнение геополитической ситуации и введение санкций. Результатом этих шоков стал глубокий экономический спад в России: снижение ВВП за 2015-2016 гг. составило 3%: за 2015 г. относительно 2014 г. – 2,8%, за 2016 г. относительно 2015 г. – 0,2%. Существенно упали реальные доходы населения – примерно на 9% за два года, в том числе на 5,9% – в 2016 г. Продолжился существенный спад в инвестиционном комплексе: по предварительной оценке, снижение инвестиций в основной капитал составляет около 12% за 2014-2016 гг. При этом за 2015-2016 гг. на 6,7% возросла безработица, в том числе в 2015 г. рост составил 7,4%, а в 2016 г. этот показатель уменьшился на 0,5%. Уровень инфляции вырос с 11,4% в 2014 г. до 12,9% в 2015 г. и существенно уменьшился до 5,4% в 2016 г. [1].

В связи с этим стоит вопрос о том, какой набор инструментов экономической политики необходим для сглаживания влияния негативных тенденций в экономике и возвращения к траектории экономического роста. На момент исследования Банк России проводил достаточно жесткую монетарную политику в направлении таргетирования инфляции, которая опирается на концепцию повышения процентных ставок в экономике путем увеличения ключевой ставки, отказа от валютных интервенций и ликвидации валютного коридора для вариации

курса российского рубля. Данная политика вызывает споры среди экспертов о степени ее влияния на экономику России.

Стоит отметить, что ведущие центральные банки мира формируют цели своей политики, не ограничиваясь ценовой стабильностью, и используют монетарную политику для стимулирования экономического роста. Так, целью монетарной политики Федеральной Резервной Системы (ФРС) США является стимулирование устойчивого развития экономики и роста производства, при сохранении высокой занятости, стабильности цен и умеренных долгосрочных процентных ставок.

В данном исследовании в качестве индикатора монетарной политики Банка России для анализа ее воздействия на производственные показатели рассматривается ставка денежного рынка MIBOR (Moscow Inter-Bank Offer Rate). Несмотря на то, что данный показатель не является инструментом денежно-кредитной политики, выбор обусловлен рядом причин.

Ставка MIBOR отражает в себе динамику ставок денежного рынка и при этом является более волатильной, чем инструмент денежно-кредитной политики Банка России – ключевая ставка. Также следует отметить, что величина MIBOR зависит не только от ставки Банка России, но и от других макроэкономических параметров – обменного курса, притока и оттока капитала и т.д. Поэтому считаем, что данный показатель является хорошим индикатором монетарной политики.

Оценка воздействия монетарной политики на динамику уровня инфляции (ИПЦ) осуществлялась с использованием показателя – денежный агрегат M2. Данный показатель также определяется не только действиями Банка России, но находится в существенной степени под его контролем.

В качестве показателей внешних шоковых воздействий на российскую экономику в модель были включены: показатель функционирования экономики Китая – индекс Шанхайской фондовой биржи (Shanghai Stock Exchange Composite Index, SSE); индекс волатильности на Чикагской бирже опционов (CBOE Volatility Index, VIX), отражающий волатильность на глобальных финансовых рынках; и цена на нефть марки Brent.

Выбор данных показателей внешнеэкономической конъюнктуры обусловлен рядом причин. Так, цена на нефть является одним из индикаторов состояния мировой экономики. Анализ воздействия данного фактора на экономику России представляется особенно значимым ввиду существенной доли доходов от экспорта нефти в величине суммарных доходов страны.

Рост волатильности на финансовых рынках оказывает непосредственное влияние на стабильность как финансовой системы, так и всей экономики в целом. Ожидаемая волатильность отражает неопределенность и повышенную напряженность инвесторов относительно состояния экономики на текущий момент и ее перспективу.

Поскольку Китай значимо интегрирован в мировую экономику, он оказывает воздействие на направленность трендов развития других развивающихся стран. В настоящее время на фондовом рынке Китая наблюдаются процессы, тормозящие его поступательное развитие.

Для анализа структуры макроэкономических данных и построения прогнозов широкое распространение получила модель векторной авторегрессии (VAR) [2, с. 268]. Однако её применение для исследования экономики страны связано с проблемой высокой степени параметризации (для модели с  $n$  переменными и  $p$  лагами число оцениваемых в уравнениях коэффициентов будет равно  $(1 + np)$  и  $(1 + n)n/2$  параметров матрицы ковариации). В связи с этим модели VAR обычно охватывают небольшое количество переменных, так «стандартная модель VAR редко включает более 6-8 переменных» [3, с. 388], что приводит к неблагоприятным последствиям для структурного анализа и прогнозирования. Стандартный пример – «price puzzle», который описан в работе Bernanke. Также модель VAR малой размерности не позволяет корректно определить каналы трансмиссии различного рода шоков [3]. При включении в модель большего числа переменных может возникнуть проблема неустойчивости результатов.

Для включения необходимого количества переменных и решения проблемы размерности в данной работе используется байесовский подход к оценке коэффициентов векторной авторегрессии (BVAR).

Данный метод был предложен Doan (1984) [4] и Litterman (1986) [5] и усовершенствован Banbura et al. (2010) [6], Koop, Korobilis (2010) [2], De Mol et al. (2008) [7] и др. При анализе российской экономики байесовские модели векторной авторегрессии использовались в работах таких авторов как Ломиворотов Р. (2015) [8], Демешев Б., Малаховская О. (2015) [9], Шевелев А. (2017) [10] и др. Данные работы также демонстрируют преимущества байесовского

Для краткого объяснения принципа байесовского оценивания рассмотрим стандартную модель векторной авторегрессии (VAR), которую можно представить в следующем виде:

$$Y_t = B_1 Y_{t-1} + B_2 Y_{t-2} + \dots + B_p Y_{t-p} + D z_t + \varepsilon_t, \quad (1)$$
$$t = 1, \dots, T$$

где  $Y_t$  – это вектор размера  $n \times 1$  эндогенных переменных,  $\varepsilon_t$  – вектор размера  $n \times 1$  независимых нормально распределенных ошибок с ковариационной матрицей  $\Sigma$ ,  $\varepsilon_t \sim IIN(0, \Sigma)$ ,  $B_l$  ( $l = 1, \dots, p$ ) и  $D$  – матрицы параметров размерности  $n \times n$  и  $n \times d$ , соответственно,  $z_t$  – вектор экзогенных переменных размерности  $d \times 1$ .

Далее, представим (1) в виде:

$$Y_t = X_t \beta + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, T \quad (2)$$

где  $X_t = (I_n \otimes W_{t-1})$  матрица размера  $n \times nk$ ,

$W_{t-1} = (Y'_{t-1}, \dots, Y'_{t-p}, z'_t)$  – матрица размера  $k \times 1$ ,  $\beta =$

$\text{vec}(B_1, B_2, \dots, B_p, D)$  –  $nk \times 1$ ,

$\beta$  и  $\Sigma$  – неизвестные параметры модели.

Байесовский подход основан на том, что апостериорная плотность распределения параметров пропорциональна произведению заданного априорного распределения и функции максимального правдоподобия. Для этого используется правило Байеса, которое можно представить в следующем виде<sup>13</sup>, так как  $p(Y)$  не зависит от  $\beta$  и  $\Sigma$ :

$$p(\beta, \Sigma | Y) = \frac{p(\beta, \Sigma) L(Y | \beta, \Sigma)}{p(Y)} \propto p(\beta, \Sigma) L(Y | \beta, \Sigma) \quad (3)$$

Это позволяет «сжать» число оцениваемых параметров модели в соответствии с априорными представлениями исследователя о возможном распределении параметров и ковариационной матрицы ошибок.

Для байесовского подхода к оценке коэффициентов и шоков модели VAR в данной работе в качестве априорного распределения было использовано сопряженное нормальное обратное Уишарта распределение (Conjugate Normal - Inverted Wishart Prior).

$$\begin{aligned} \beta | \Sigma &\sim N(\bar{\beta}, \Sigma \otimes \bar{\Omega}) \\ \Sigma &\sim iW(\bar{\Sigma}, \alpha) \end{aligned}$$

Данное распределение совмещает в себе достоинства классического априорного распределения Миннесота (Minnesota prior), позволяющего существенно сжимать пространство оцениваемых коэффициентов, с достоинствами сопряженных априорных распределений, в которых матрица ковариаций ошибок рассматривается как случайная.

---

13. Знак  $\propto$  означает пропорциональность.

Свойство сопряженности означает принадлежность априорного и апостериорного распределений одному и тому же классу распределений. Данное свойство позволяет для семейства нормальных распределений получать аналитическое представление для апостериорного распределения и для маргинальных вероятностей.

В данной работе модель включает 16 квартальных показателей в период с 1 кв. 2002 г. по 2 кв. 2015 г. Информационное множество охватывает показатели внутреннего производства и цен, переменные монетарной сферы и внешнеэкономической конъюнктуры. Расчеты проводились с использованием программных пакетов BMR, bvarr, RcppArmadillo на языке программирования R и C++.

Для подсчета структурных шоков в данной работе использовалась рекурсивная идентификационная схема. Следуя Bernanke et al, 2005 переменные в модели разделяются на 2 группы: «slow-moving» и «fast-moving», то есть разделяются в зависимости от скорости их реакции на шок. Первая группа включает в себя переменные, которые либо не реагируют на шок или реагируют с задержкой (показатели внешнего, реального секторов экономики и уровня цен). Вторая группа – переменные, которые реагируют с меньшими задержками (финансовые показатели). Таким образом,  $Y_t = (W_t, r_t, V_t)$ , где  $W_t$  содержит  $n_1$  slow-moving переменных,  $r_t$  – переменная монетарной политики и  $V_t$  содержит  $n_2$  fast-moving переменных.

Ковариационная матрица ошибок приведенной формы имеет следующий вид:  $\Sigma = E[\varepsilon_t \varepsilon_t'] = CDC'$ , где  $C$  – нижнетреугольная матрица с единицами на диагонали, полученная разложением Холецкого,  $D$  – диагональная матрица. Тогда структурную форму модели VAR можно представить:

$$A_0 Y_t = A_1 Y_{t-1} + \dots + A_p Y_{t-p} + e_t$$

где  $A_0 = C^{-1}$ ,  $A_1 = C^{-1}B_1$ , ...,  $A_p = C^{-1}B_p$ ,  $e_t \sim N(0, D)$ .

На рисунках 1, 2 и 3 представлено графическое отображение функций импульсных откликов переменных в ответ на шоки ставки денежного рынка MIBOR, цены нефти марки Brent и индекса Шанхайской фондовой биржи. Сплошной линией изображены медианный квантиль значений функций импульсных откликов на единичные шоки, а пунктирными – границы процентных квантилей.

Согласно проведенному исследованию, рост ставки денежного рынка оказывает сдерживающее воздействие на российскую экономику (см. рисунок 1): в точке минимума падение ВВП составляет 0,35%,

объемов строительства – 1,8 п.п., розничной торговли – 1,2 п.п., добычи полезных ископаемых – около 0,25 п.п. и обрабатывающей промышленности – 0,7 п.п. Негативный импульс также распространяется и на инвестиции в основной капитал: падение примерно в размере 1%. Также падают доходы населения и увеличивается уровень безработицы. При этом лаг монетарной политики в большинстве случаев составляет около 1 квартала.

Проводимая жесткая монетарная политика в России, способствующая снижению инвестиций в основной капитал (падение 12% в 2014-2016 гг.) имеет, наряду с краткосрочными, и долгосрочные последствия. Ведь снижение темпов обновления и прироста основного капитала является важнейшим фактором, определяющим экономическую динамику в среднесрочном и долгосрочных аспектах.

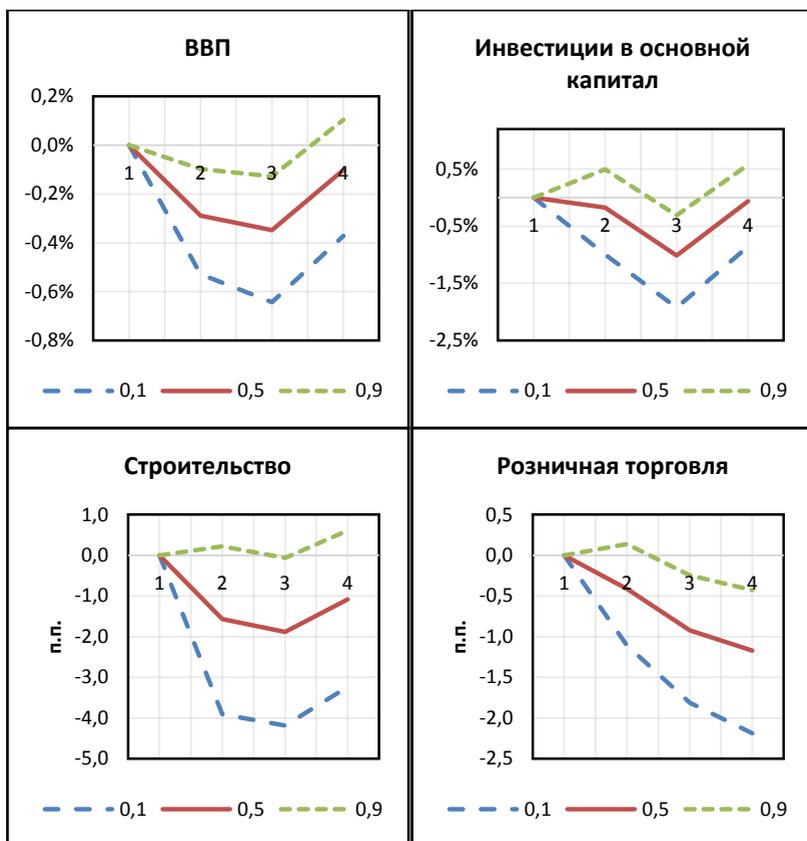


Рис. 1. Влияние шока MIBOR на экономическую динамику.

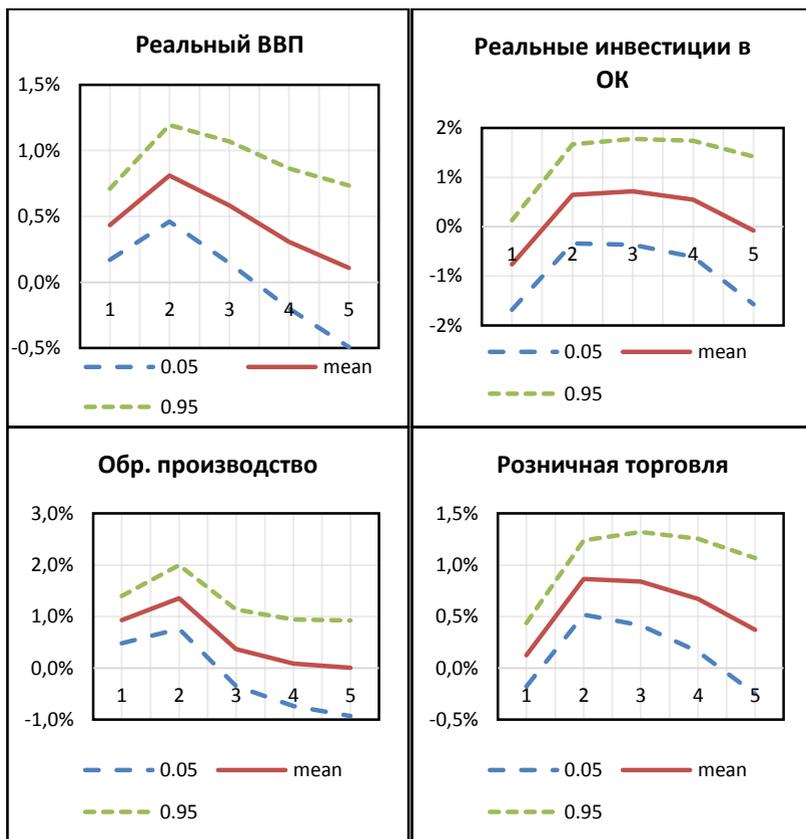


Рис. 2. Влияние шока цены нефти марки Brent на экономическую динамику.

Рост цены на нефть в краткосрочном аспекте оказывает положительное воздействие на динамику экономики России: происходит рост величин ВВП, обрабатывающего производства (см. рисунок 2). Положительная динамика данных показателей приводит к росту потребительского спроса и, соответственно, величины розничной торговли. Начиная с 3-4 квартала анализируемого периода функции импульсных откликов темпы роста инвестиций в основной капитал опережают динамику ВВП и выпуска продукции обрабатывающей и строительной отраслей, а также розничной торговли. В долгосрочной перспективе рост цены на нефть приводит к усилению инфляции и росту безработицы, что приводит к замедлению темпов роста показателей экономической активности. Стоит отметить, что рост основан на невоспроизводимых ресурсах в условиях низкой диверсификации экономики, что

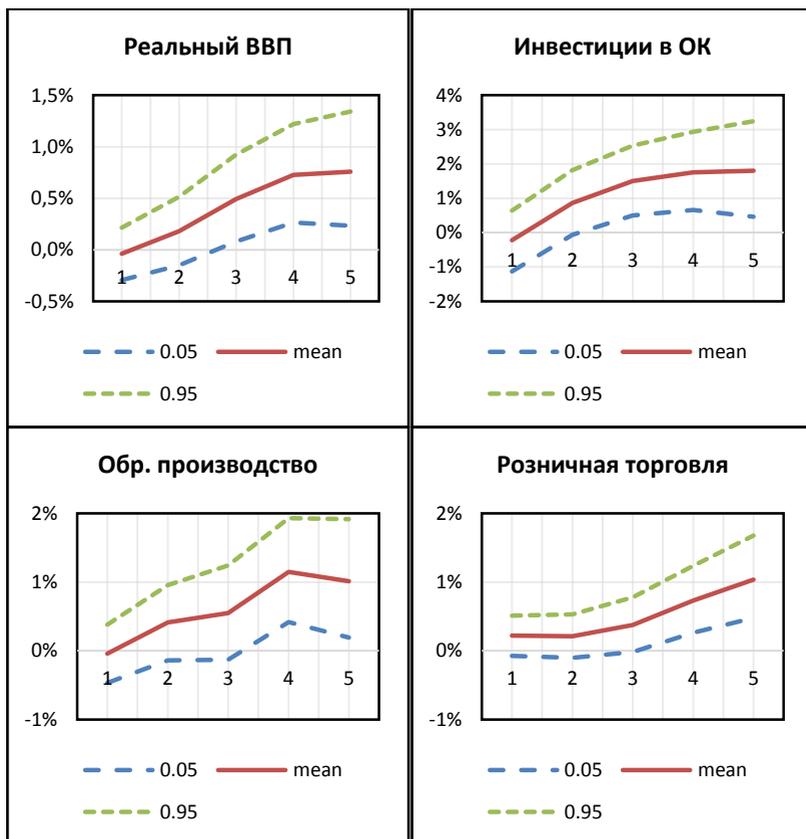


Рис. 3. Влияние шока SSE на экономическую динамику.

в долгосрочном аспекте приводит к ухудшению состояния экономики.

Как видно на рисунке 3, рост экономики Китая сопутствует положительной динамике таких производственных показателей как валовой внутренний продукт, обрабатывающее производство, розничная торговля, а также инвестиций в основной капитал. Что, в свою очередь, способствует снижению уровня безработицы. Китай для России является крупнейшим торговым партнером (так в 2015 г. Россия – крупнейший поставщик нефти в Китай, а рост китайской экономики растет ее потребность в использовании нефтяных ресурсов), активно проводятся совместные проекты в области транспорта и энергетики. Также Китай инвестирует во все отрасли экономики России. Что обуславливает положительное воздействие роста экономики Китая на макропеременные показатели России.

Проведенный анализ с использованием байесовского подхода к оцениванию параметров векторной авторегрессии макроэкономических переменных России показал достаточно высокую прогнозную силу и корректность отражения взаимосвязей в структуре макропоказателей.

### Литература

1. **Баранов А.О.** Об искусстве компромисса между целями экономической политики в свете кризиса в России в 2015-2016 годах // ЭКО. - 2017. - № 6. - С. 49-63.
2. **Кооп G., Korobilis D.** Bayesian Multivariate Time Series Methods for Empirical Macroeconomics // Foundations and Trends (R) in Econometrics. 2010. Vol. 3(4). P. 267-358.
3. **Bernanke B.S., Boivin J., Elias P.** Measuring the effects of monetary policy: a factor-augmented vector autoregressive (FAVAR) approach // The Quarterly Journal of Economics. 2005. Vol. 120(1). P. 387-422.
4. **Doan T., Litterman R., Sims C.** Forecasting and conditional projection using realistic prior distributions // Econometric reviews. 1984. Vol. 3(1). P. 1-100.
5. **Litterman R.** Forecasting with Bayesian vector autoregressions—five years of experience // Journal of Business & Economic Statistics. 1986. Vol. 4(1). P. 25-38.
6. **Bañbura M., Giannone D., Reichlin L.** Large Bayesian vector autoregressions // Journal of Applied Econometrics. 2010. Vol. 25(1). P. 71-92.
7. **De Mol C., Giannone D., Reichlin L.** Forecasting using a large number of predictors: Is Bayesian shrinkage a valid alternative to principal components? // Journal of Econometrics. 2008. Vol. 146(2). P. 318-328.
8. **Ломиворотов Р.В.** Выявление основных макроэкономических шоков в России, оценка их влияния на экономику и выводы для денежно-кредитной политики. дис. канд. экон. наук. Высшая школа экономики. 2015. 154 С.
9. **Демешев Б.Б., Малаховская О.А.** 2015. Сравнение случайного блуждания, VAR и BVAR Литтермана при прогнозировании выпуска, индекса цен и процентной ставки. Препринт. Высшая Школа Экономики. 2015. 21 С.
10. **Шевелев А.А.** Байесовский подход к оценке воздействия внешних шоков на макроэкономические показатели России // Мир экономики и управления. - 2017. - Т. 17, № 1. - С. 26-40.