

Прикладная эконометрика, 2018, т. 52, с. 5–21.

Applied Econometrics, 2018, v. 52, pp. 5–21.

А. Д. Аганин, А. А. Пересецкий¹

Волатильность курса рубля: нефть и санкции

Стабильность обменного курса национальной валюты имеет большое значение для устойчивого роста экономики. В стране-экспортере нефти валютный курс в значительной степени определяется валютными поступлениями от продажи нефти и, следовательно, ценой нефти на международном рынке. В настоящей работе одномерные GARCH модели и двумерные VAR-BEKK модели используются для анализа зависимости волатильности валютного курса рубля от волатильности цены нефти. Показано, что эта зависимость не постоянна во времени и определяется различными макроэкономическими факторами. Зависимость усиливается при низких ценах нефти и ослабляется при высоких. Введение санкций усилило волатильность обменного курса рубля и ее зависимость от волатильности цены на нефть. Показано, что со временем влияние санкций убывает, что можно интерпретировать как адаптацию экономики России к санкциям.

Ключевые слова: волатильность валютного курса; волатильность цены на нефть; Россия; санкции; AR-TGARCH; VAR-BEKK.

JEL classification: C58; E44; F51; G18; G28.

1. Введение

Предсказуемость, стабильность валютного курса имеет большое значение для устойчивого роста экономики страны. В странах, в которых импорт или экспорт нефти составляет существенную часть внешнеторгового оборота, изменение цены на нефть оказывает значительное влияние на экономику, и в том числе на валютный курс.

Этот эффект особенно выражен в странах-экспортерах нефти, см. например, (Aydogan et al., 2017; Basher et al., 2018; Jiranyakul, 2015; Kim, Jung, 2018; Wang et al., 2018; Boldanov et al., 2016; Bai, Koong, 2018; Korhonen, Juurikkala, 2009; Алехин, 2016).

Много работ посвящено анализу влияния цены на нефть на различные макроэкономические показатели, в частности, на индекс фондового рынка и валютный курс. Из работ по российским данным отметим следующие.

Gedek (2013) исследовал зависимость обменного курса рубля к доллару от цены на нефть при помощи процедуры тестирования причинности по Грэнджеру. В (Mironov, Petronevich, 2015), помимо цены на нефть, в модель были включены макроэкономические показатели, объемы экспортируемой нефти, доля государственных расходов в ВВП, изменения

¹ Аганин Артем Давидович — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; aaganin@hse.ru.

Пересецкий Анатолий Абрамович — Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; aperesetsky@hse.ru.

производительности труда и золотовалютные резервы, для моделирования была выбрана VECM модель. Kaplan (2015) использовал обычную регрессию для определения зависимостей между ВВП РФ, ценой нефти и обменным курсом рубля к доллару с выделением нескольких структурных изменений, связанных с кризисами, и обнаружил влияние цены нефти на обменный курс.

В работе (Yang et al., 2018) используются ежедневные данные за период 03.01.1994–31.12.2015. С применением DCC-MIDAS модели авторы показали наличие долгосрочной корреляции между ценой на нефть и валютными курсами, особенно выраженную для стран-экспортеров нефти (Канада, Великобритания) и в меньшей степени — для стран-импортеров (Япония).

Среди работ, исследующих связь волатильности цены нефти и волатильности макроэкономических показателей, большая часть посвящена исследованию влияния волатильности цены на нефть на волатильность фондового рынка, например, (Aydogan et al., 2017; Basher et al., 2018; Wang et al., 2018). В работе (Boldanov et al., 2016) авторы применяют диагональную BEKK модель для анализа ежедневных данных по цене на нефть (Brent) и фондовых индексов трех стран-экспортеров нефти (Канада, Россия, Норвегия) и трех стран-импортеров (США, КНР, Япония) за период 2000–2014 гг. Показано, что корреляция между волатильностями цены на нефть и валютного курса неоднородна, а ее поведение различно для стран-экспортеров и стран-импортеров. Корреляция изменяется в связи с различными экономическими и геополитическими событиями, такими как рецессия начала 2000-х гг., финансовый кризис 2007–2009 гг. и террористическая атака 9/11.

Отметим несколько работ, исследующих связь волатильности цены нефти, индекса фондового рынка и валютного курса.

Jiranyakul (2015) использует ежемесячные наблюдения за фондовым индексом Таиланда за период 1997:07–2013:12. Применяя двухшаговую процедуру (на первом шаге используется двумерная ссс-GARCH модель, а на втором шаге — тест Грэнджера), автор приходит к выводу, что увеличение волатильности цены нефти не влияет на величину валютного курса, но увеличивает его волатильность.

Kim и Jung (2018) используют ежедневные наблюдения за период 1998–2017 гг. по девяти странам — экспортерам и импортерам нефти. Применяя двумерную BEKK-GARCH(1,1) модель, они нашли зависимость волатильности валютных курсов стран-экспортеров (Россия, Канада, Кувейт) от волатильности цены нефти (WTI).

Влияние санкций на российскую экономику и, в частности, на валютный курс исследовалось в работе (Dreger et al., 2016). Авторы анализировали влияние падения цен на нефть и введение санкций и контр-санкций для объяснения падения курса рубля от 30 руб./доллар (в январе 2014 г.) до 70 руб./доллар (в январе 2015 г.) и его неполного восстановления до 50 руб./доллар (в декабре 2015 г.). Для изучения влияния политического фактора строился интегральный индекс санкций. Применяя VAR модели, авторы пришли к выводу, что падение рубля в значительной степени было обусловлено резким снижением цен на нефть и в значительно меньшей степени санкциями, что ставит под вопрос эффективность санкций. Санкции, однако, влияют на волатильность макропоказателей (процентные ставки, валютный курс).

Анкудинов, Лебедев (2017), Ankudinov et al. (2017) показали, что почти для всех секторальных российских индексов в постсанкционный период наблюдается статистически значимое повышение волатильности. Авторы указывают, что чистый эффект от санкций оценить

сложно, т. к. на данный период пришлось значительное снижение цен на нефть, с динамикой которых российский рынок тесно коррелирован.

По оценкам авторов работы (Gurvich, Prilepskiy, 2015) влияние санкций на ВВП в 3.3 раза ниже возможного влияния шока падения цены на нефть (прогноз на период 2014–2017 гг.).

В настоящей работе на данных за период 10.10.2007–05.05.2017 рассматривается зависимость волатильности валютного курса от волатильности цены на нефть (Brent). В качестве оценок волатильности рассматриваются оценки, полученные по отдельным AR(1)-TGARCH(1,1) моделям для курса рубля и цены нефти, а также из двумерной AR(1)-GARCH-BEKK модели. Рассматриваются оценки, полученные в скользящих окнах в 252 наблюдения (что соответствует периоду в один год). Кроме того, в качестве волатильности используется непараметрическая оценка волатильности по внутрисдневным наблюдениям — реализованная волатильность. В скользящем окне строится линейная модель зависимости волатильности валютного курса от волатильности нефти, и затем график динамики углового коэффициента при волатильности нефти. Для проверки робастности эти результаты сравниваются с результатами, полученными по недельным наблюдениям. Зависимость становится отрицательной в 2014–2015 гг., что, очевидно, связано с кризисными явлениями (как с политическими, так и с падением цены на нефть). Рассматривается также зависимость волатильности обменного курса и от других макроэкономических факторов (уровень нефтяных цен, введение плавающего курса рубля, санкций, связанных с кризисом в Украине). Показано, что санкции увеличивают волатильность валютного курса, однако их влияние убывает со временем.

2. Модели оценки волатильности и влияния волатильности цены на нефть на волатильность валютного курса

Для оценки волатильности цены на нефть и валютного курса использовались три подхода.

2.1. Одномерные GARCH модели

В работе используется наиболее часто применяемая в финансовых приложениях TGARCH(1,1) модель с AR(1) процессом для доходности актива r_t . Эта модель состоит из двух уравнений. Первое описывает динамику доходности:

$$r_t = \mu + \rho r_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где $\varepsilon_t = \sigma_t u_t$, $u_t \sim \text{i.i.d. } N(0,1)$, а второе уравнение описывает динамику условного стандартного отклонения σ_t :

$$\sigma_t = \omega + \alpha \varepsilon_{t-1}^+ - \gamma \varepsilon_{t-1}^- + \beta \sigma_{t-1}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_t^+ = \max(\varepsilon_t, 0)$; $\varepsilon_t^- = \min(\varepsilon_t, 0)$; $\alpha > 0$, $\gamma > 0$, $\beta > 0$, $\omega > 0$.

Модель GARCH(p, q) была предложена в работе Bollerslev (1986), а ее расширение (2), учитывающее возможное несимметричное влияние отрицательных и положительных шоков на волатильность, была предложена независимо в работах (Zakoian, 1994) и (Glosten et al., 1993).

2.2. Двумерные GARCH модели

Двумерная модель волатильности GARCH-BEKK (Engle, Kroner, 1995) является обобщением одномерной GARCH модели на случай моделирования волатильностей нескольких связанных между собой финансовых показателей. В данной работе оценивается следующая модель:

$$\begin{bmatrix} r_{brent,t} \\ r_{usdrub,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{brent,t-1} \\ r_{usdrub,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где

$$\varepsilon_t = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix} = H_t^{1/2} \begin{bmatrix} \eta_{1,t} \\ \eta_{2,t} \end{bmatrix}, \quad \eta_t = \begin{bmatrix} \eta_{1,t} \\ \eta_{2,t} \end{bmatrix} \sim \text{i.i.d. } N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\right) —$$

двумерные независимые стандартные нормальные случайные возмущения, H_t — 2×2 -матрица условных ковариаций вектора $\begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix}$, динамика которой задается уравнением

$$H_t = CC' + A'\varepsilon_{t-1}\varepsilon_{t-1}'A + B'H_{t-1}B, \quad (4)$$

где C , A , B — 2×2 -матрицы, удовлетворяющие условиям: C — нижняя треугольная, A , B — диагональные. Такая модель называется диагональной BEKK(1,1) моделью. Матрица

$\begin{bmatrix} \beta_{11} & 0 \\ \beta_{21} & \beta_{22} \end{bmatrix}$ в уравнении (3) выбрана нижней диагональной: в модели предполагается,

что доходности цены на нефть связаны только их предыдущими значениями, а доходность валютного курса связана как со своими предыдущими значениями, так и с предыдущими значениями цены на нефть. Предполагается отсутствие влияния валютного курса на цену нефти, которая формируется на международном рынке.

Также существует полная BEKK модель, где матрицы A и B в уравнении (4) не обязаны быть диагональными. Как было показано в (Allen, McAleer, 2018), диагональная BEKK модель является более предпочтительной при оценивании волатильности, а дополнительные параметры в полной BEKK модели приводят к дополнительным проблемам при ее оценивании и смещению оценок параметров.

Другой возможной альтернативой могло бы быть использование DCC (Dynamic Conditional Correlation) моделей, получивших популярность в последнее время благодаря меньшему числу параметров, оцениваемых при помощи метода максимального правдоподобия. Однако эта проблема актуальна только для систем из трех и более уравнений, в то время как для систем из двух уравнений BEKK модели являются предпочтительными, о чем говорят отдельные сравнения этих моделей по качеству оценивания волатильности (Huang et al., 2010).

2.3. Реализованная волатильность

Дополнительно использовалась непараметрическая наблюдаемая оценка волатильности, так называемая реализованная волатильность (realized volatility, RV). Для ее вычисления брались внутридневные данные за период 03.01.2011–05.05.2017. RV считается наиболее точной наблюдаемой оценкой волатильности и может рассматриваться как альтернативный способ ее оценивания. Обычно (Barndorff-Nielsen, Shephard, 2002) реализованная волатильность в день t оценивается как сумма квадратов доходностей

$$RV_t = \sum_{i=1}^N r_{i,t}^2 \quad (5)$$

по всем внутридневным интервалам $[t_i, t_i + \Delta t]$, где $r_{i,t}$ — доходность в день t на интервале $[t_i, t_i + \Delta t]$, $i \in [1, N]$. Обычно длина такого интервала Δt берется равной пяти минутам. По указанной процедуре были рассчитаны значения реализованной волатильности.

2.4. Модели зависимости волатильности

Эмпирическая часть исследования в данной работе, по сути, состоит из двух этапов. На первом этапе оценивается волатильность с использованием одномерных GARCH моделей и двумерной BEKK(1,1) модели. Затем, по модельным оценкам дневных волатильностей обменного курса и нефти оцениваются регрессии логарифма волатильности обменного курса на логарифм волатильности цены нефти:

$$\ln(\sigma_{usdrub,t}^2) = c + \beta \ln(\sigma_{brent,t}^2) + \varepsilon_t. \quad (6)$$

Оценивание производится в скользящем окне шириной 252 наблюдения, что примерно соответствует периоду в один год. Динамика оценок коэффициента β из таких регрессий позволяет судить о динамике влияния волатильности цены на нефть на волатильность обменного курса.

На втором этапе анализируется влияние на волатильность обменного курса некоторых других макроэкономических факторов. Для этого оцениваются регрессии вида

$$\ln(\sigma_{usdrub,t}^2) = c + \beta \ln(\sigma_{brent,t}^2) + \gamma_1 d_t + \gamma_2 d_t \cdot \ln(\sigma_{brent,t}^2) + \varepsilon_t, \quad (7)$$

где в качестве макроэкономических факторов d_t рассматриваются санкции, связанные с кризисом на Украине, периоды высокой и низкой цены на нефть, введение плавающего курса рубля. Назовем β «коэффициентом влияния».

3. Данные

В качестве исходных данных рассматривались внутридневные данные по цене на нефть Brent и по валютному курсу рубль/доллар, полученные с сайта <https://www.finam.ru/> за период 10.10.2007–05.05.2017.

В работе использовались дневные цены закрытия, т.е. значения цен на 19:00 московского времени. Пропуски в данных были заполнены предыдущими наблюдениями в этот день.

Выходные дни (суббота, воскресенье) были удалены из данных. Из дневных данных были выделены недельные данные (как цены закрытия каждой среды), на которых был повторен анализ, выполненный на дневных данных. Доходности активов рассчитывались по формуле $r_t = \ln(p_t/p_{t-1})$, где p_t — цена актива. Графики цены на нефть и обменного курса представлены на рис. 1.

Данные для расчета реализованной волатильности также брались с сайта fnam.ru, однако 5-минутные значения цен активов на этом сайте доступны только с 03.01.2011.

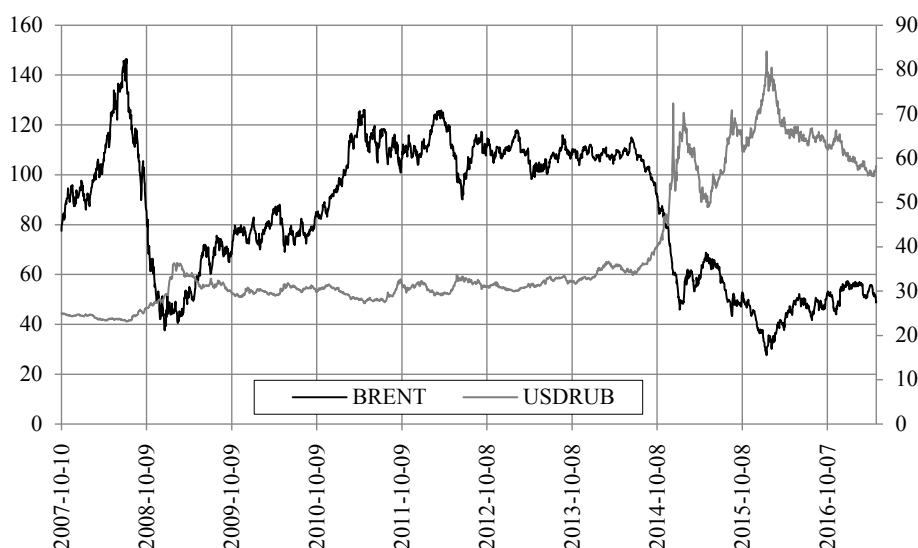


Рис. 1. Дневные котировки обменного курса USD/RUB (правая ось) и цены на нефть Brent (левая ось) за период с 10.10.2007 по 05.05.2017

Плавающий валютный курс был введен начиная с 11.10.2014. В качестве индикаторов высокой и низкой цены на нефть были экспертно выбраны границы менее \$45 для индикатора низкой цены и более \$110 для индикатора высокой цены.

Для анализа влияния санкций по аналогии с работой (Dreger et al., 2016) был составлен список дат введения наиболее значимых санкций против РФ, краткое описание которых представлено в табл. П1 в Приложении. Для формирования этого списка были использованы выпуски (Российский фондовый рынок: 2008–2017). Выделено 7 дат введения санкций, соответственно, период после введения санкций делится на 7 интервалов, для каждого из которых создана фиктивная переменная — индикатор периода.

4. Оценки волатильности

В разделе 5 для анализа связи волатильности цен на нефть и волатильности валютного курса используются как оценки ненаблюдаемой волатильности, оцененной отдельно по двум AR(1)-TGARCH(1,1) моделям (1)–(2), так и по модели VAR-BEKK (3)–(4), в которой обе волатильности оцениваются одновременно. Эти модели оценивались как на дневных, так и на недельных данных. Кроме того, в разделе 5 используются также и непараметрические

оценки волатильности — реализованная волатильность. Насколько различаются эти оценки? Для их сравнения ниже приведены несколько графиков. На рисунке 2 представлены ряды логарифмов оценок волатильности цен на нефть, полученных по дневным и недельным наблюдениям из модели (1)–(2), и логарифм реализованной волатильности цены на нефть. Оценки по модели (1)–(2) выглядят более сглаженными по сравнению с реализованной волатильностью; оценки по дневным наблюдениям проходят примерно по верхней границе оценок реализованной волатильности; оценки волатильности по недельным наблюдениям имеют большие значения, чем оценки по дневным наблюдениям, поскольку построены по значениям доходности за 5 наблюдений. В целом все три оценки показывают примерно одинаковые тенденции.

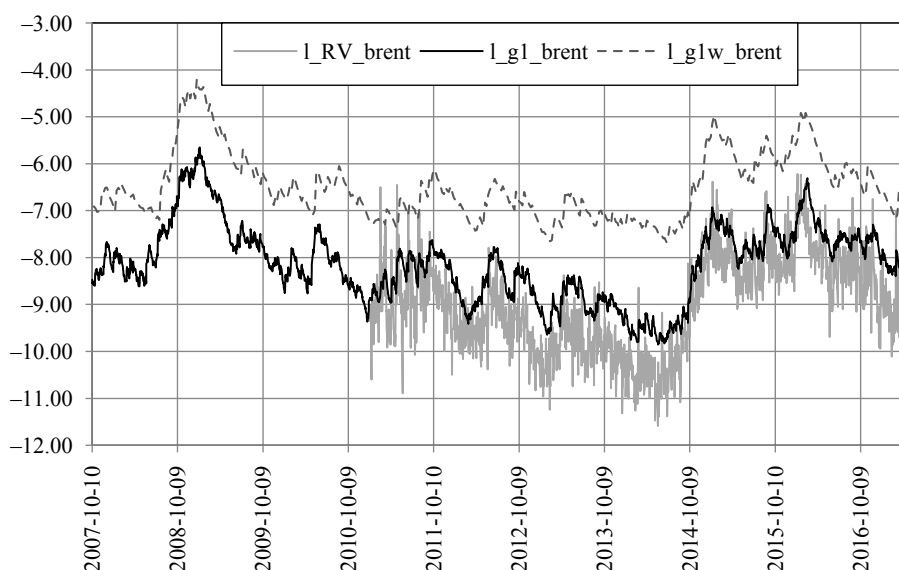


Рис. 2. l_RV_brent — логарифм реализованной волатильности цены на нефть; l_g1_brent и l_glw_brent — логарифм оценок волатильности цены на нефть, полученных соответственно по дневным и недельным наблюдениям

На рисунке 3 приведено сравнение оценок волатильности валютного курса, полученных по ежедневным наблюдениям по моделям (1)–(2) и (3)–(4). Качественно динамика практически совпадает, оценки по одномерной модели несколько опережают оценки по двумерной модели. В целом по рисункам 2 и 3 можно заключить, что все способы оценивания волатильности дают качественно схожие результаты, что дает основание предполагать их робастность, т. е. соответствие реальной ситуации. Волатильности возрастают во время кризиса 2008–2009 гг., а также в 2014–2016 гг. после введения самых серьезных санкций и резкого падения цены на нефть.

В разделе 5 модели (6) будут оцениваться для получения суждения о влиянии волатильности цены на нефть на волатильность валютного курса. На рисунке 4 приведены графики логарифмов волатильности цены на нефть и валютного курса, полученных по дневным наблюдениям по моделям (1)–(2). По этим графикам можно предположить, что связь между двумя волатильностями не постоянна во времени, поэтому уравнение (6) оценивается в разделе 5 в скользящих окнах шириной в один год (для однодневных наблюдений это примерно 252 наблюдения, для недельных — 52 наблюдения).

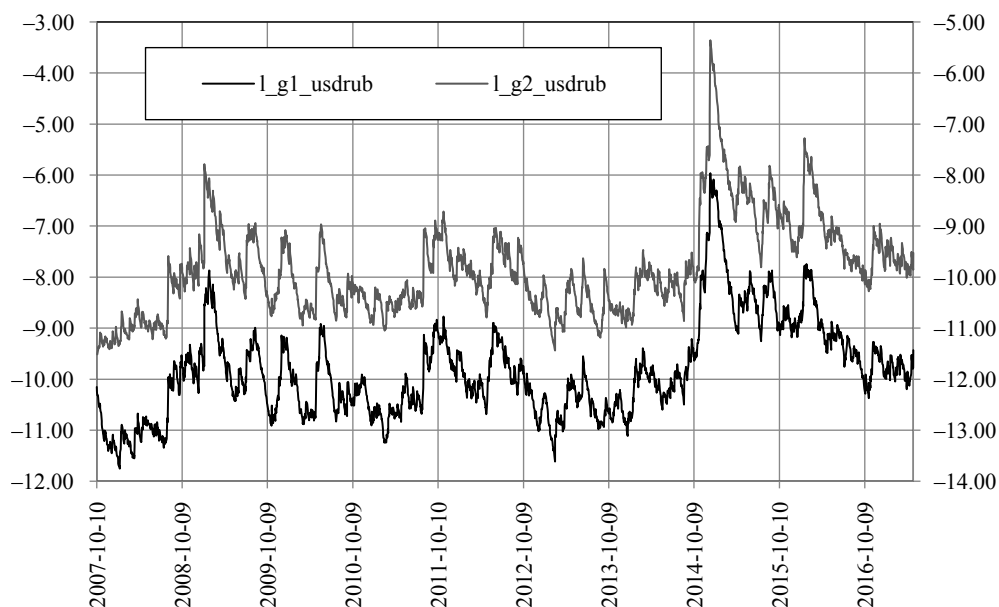


Рис. 3. l_g1_usdrub и l_g2_usdrub — логарифмы оценок волатильности валютного курса по одномерной модели (1)–(2) (левая шкала) и по двумерной модели (3)–(4) (правая шкала)

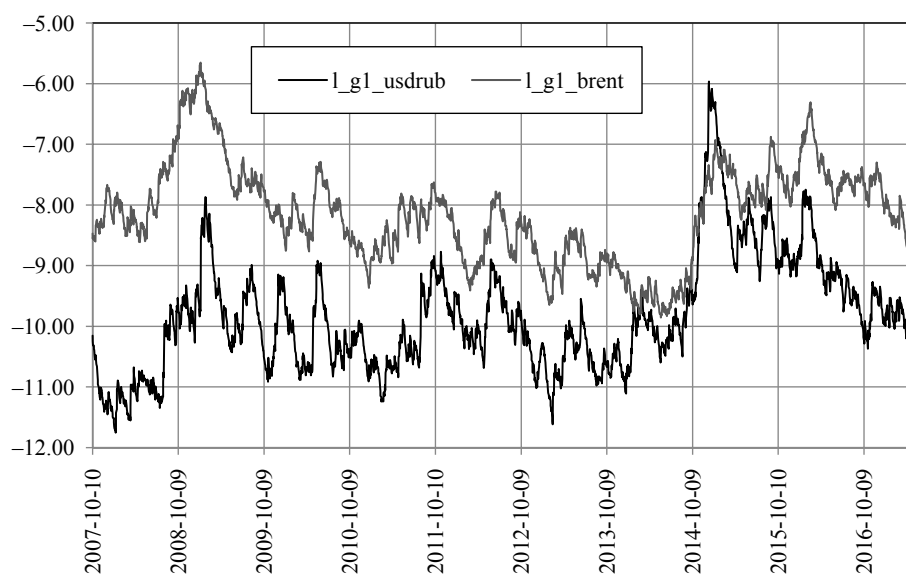


Рис. 4. l_g1_usdrub и l_g1_brent — логарифмы оценок волатильности валютного курса и цены на нефть по одномерной модели (1)–(2)

5. Динамика коэффициента влияния β

В этом разделе представлены результаты оценивания коэффициента влияния β из уравнения (6). В качестве оценок волатильности в (6) использовались:

1) оценка условной волатильности, полученная из уравнений (1)–(2) AR(1)-TGARCH(1,1) на всем интервале наблюдений 10.10.2007–05.05.2017;

2) оценка условной волатильности, полученная из уравнений (3)–(4) VAR-BEKK на всем интервале наблюдений;

3) непараметрические оценки реализованной волатильности (5), данные по которой имелись только на интервале 03.01.2011–05.05.2017.

Оценивание коэффициента влияния производилось в скользящих окнах шириной 252 наблюдения (примерно один год) с шагом в одно наблюдение, при этом эта оценка ставилась в соответствие правой границе скользящего окна. Результаты представлены на рис. 5. Для коэффициента влияния, оцененного по условной волатильности, полученной из уравнений (1)–(2) AR(1)-TGARCH(1,1), на рисунке представлены также его 95%-ные интервалы. Заметим, что поскольку оценки условной дисперсии в силу своей природы коррелированы, то ошибки в уравнении (6) не являются независимыми. Поэтому для оценки дисперсии β использовались робастные оценки в форме Ньюи–Веста.

Из графиков на рис. 5 видно, что оценки коэффициента влияния, полученные по модели VAR-BEKK, практически всегда лежат в доверительном интервале для оценки, полученной по модели AR(1)-TGARCH(1,1), таким образом, эти модели дают одинаковую динамику коэффициента влияния.

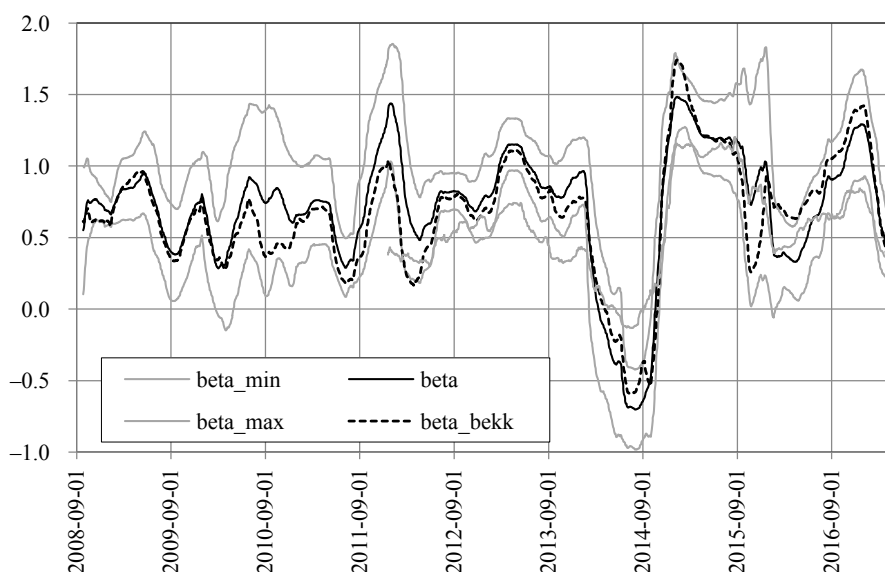


Рис. 5. Графики оценок коэффициента влияния β в скользящих окнах:

beta — по оценкам дисперсии по модели AR(1)-TGARCH(1,1);
 beta_min, beta_max — нижняя и верхняя граница 95%-ного доверительного интервала для оценки beta; beta_bekk — по оценкам дисперсии по модели VAR-BEKK;
 beta_RV — по оценкам реализованной волатильности

Динамика оценки коэффициента влияния, полученная по реализованным волатильностям, совпадает с динамикой двух предыдущих оценок, однако не всегда лежит в доверительном интервале (см. рис. 5).

При интерпретации графиков рис. 5 надо учитывать, что точка на графике соответствует предшествующему периоду в один год. В период до января 2014 г. коэффициент влияния был положителен, значимо отличался от 0 и принимал значения порядка 0.5. В январе 2012 г. наблюдалась сверхреакция, когда его значение превосходило 1. В период с января по октябрь 2014 г. оценка коэффициента незначимо отличается от нуля, а в середине этого периода (в июне — августе 2014 г.) даже становится отрицательной. Начиная с декабря 2014 г. и по август 2015 г. снова наблюдается сверхреакция, когда оценка коэффициента превосходит 1. Такое же явление наблюдается в конце 2016 — начале 2017 г.

Начиная с января 2014 г. оценка коэффициента изменяется в большем диапазоне, чем раньше. Вероятно, такая неустойчивость связи волатильностей цены нефти и обменного курса связана как с резким падением цен на нефть и введением плавающего валютного курса, так и с введением санкций.

Поскольку в данном разделе оцениваются регрессии вида (6) и (7) одного временного ряда на другой, то изначально необходимо проверить стационарность этих рядов, поскольку все свойства МНК оценок сохраняются только для стационарных рядов. В случае если ряды являются нестационарными, необходимо рассматривать два случая: эти ряды не являются коинтегрированными и являются коинтегрированными. В первом случае МНК оценки получатся смещенными и несостоятельными, поэтому использовать обычный МНК нельзя. Во втором случае оценки обычного МНК являются суперсостоятельными, но для оценивания стандартных ошибок необходимо использовать другие методы, например, динамический МНК.

Результаты тестирования логарифмов волатильностей обменного курса и нефти показали, что эти ряды являются нестационарными как на всем интервале, так и в окнах, и при этом они являются коинтегрированными. Это позволяет использовать обычный МНК для оценивания коэффициента β . Дополнительно при помощи динамического МНК были оценены стандартные ошибки, которые оказались близки к оцененным при помощи обычного МНК. Поэтому, чтобы не перегружать данную работу, здесь приведены стандартные ошибки, полученные при помощи обычного МНК.

Детальный анализ влияния на волатильность обменного курса других факторов, кроме волатильности цены на нефть, представлен в разделе 6.

Поскольку нет оснований априори предполагать, что коэффициенты моделей (1)–(2) и (3)–(4) постоянны во времени, то оценки коэффициента влияния строились также и по оценкам волатильностей, полученным в скользящих окнах. В каждом таком окне оценивалась модель (1)–(2), по оценкам условных дисперсий из уравнения (6) получалась оценка коэффициента влияния, которая ставилась в соответствие правой границе скользящего окна. Аналогичная процедура была проделана и для уравнений (3)–(4). Динамика рассчитанных таким образом оценок коэффициента влияния несущественно отличается от динамики оценок, представленных на рис. 5. Естественно, графики этих оценок получаются более волатильными, т. к. оценивание дисперсий производится на более коротких интервалах.

6. Анализ влияния макроэкономических факторов

А. Д. Аганин, А. А. Пересецкий

В разделе 5 было показано, что зависимость между волатильностями цены на нефть и валютного курса непостоянна во времени. В данном разделе анализируется влияние различных макроэкономических факторов на волатильность валютного курса.

Нефть является значительной частью экспорта РФ. В 2017 г. экспорт нефти и нефтепродуктов составлял более 40% от общего экспорта РФ. Поэтому волатильность цены на нефть может оказывать и оказывает значительное влияние на волатильность валютного курса. На волатильность валютного курса могут оказывать влияние и другие макроэкономические факторы, среди которых можно выделить высокую и низкую цену на нефть, экономические и политические санкции против РФ, введенные в несколько этапов в 2014 г. в связи с кризисом на Украине, а также изменения валютного регулирования ЦБ РФ.

Для изучения влияния этих факторов оценены регрессионные модели (7), результаты представлены в табл. 1. Зависимой переменной в каждой из восьми спецификаций модели (7) является волатильность валютного курса, а именно — логарифм оценки условной дисперсии валютного курса $\ln \sigma_{usdrub}^2$, полученный по VAR-BEKK модели (3)–(4), оцененной на всем интервале наблюдений 10.10.2007–05.05.2017.

В качестве регрессоров в спецификациях модели (7) участвуют следующие переменные: *lvoloil* — логарифм оценки условной дисперсии цены на нефть, $\ln \sigma_{brent}^2$, полученный по VAR-BEKK модели (3)–(4), оцененной на всем интервале наблюдений 10.10.2007–05.05.2017;

lowoil, *highoil* — фиктивные переменные низкой цены на нефть (менее 45 долларов за баррель) и высокой цены (более 110 долларов за баррель) соответственно;

floating — фиктивная переменная плавающего валютного курса;

sanctions — фиктивная переменная периода действия санкций, начавшегося 17.03.2014;

sanc1, ..., *sanc7* — семь фиктивных переменных периодов действия санкций, соответствующих табл. П1 Приложения. Например, *sanc1* — индикатор периода 17.03.2014–28.04.2014, *sanc7* — индикатор периода 22.08.2014–05.05.2017.

Кроме того, в модели включаются и перекрестные члены этих переменных с переменной *lvoloil*, которые позволяют изучать зависимость коэффициента влияния от вышеперечисленных макроэкономических факторов.

Стандартные ошибки оценок коэффициентов в табл. 1 приведены в форме Ньюи–Веста, поскольку имеется автокорреляция ошибок регрессий.

Влияние волатильности цены нефти на волатильность валютного курса рубля в то время, как ее цена является высокой, должно быть ниже по сравнению с «обычным» уровнем цен, поскольку рынок склонен игнорировать какие-то небольшие изменения в спокойной ситуации, когда доходы нефтеэкспортирующих предприятий и бюджета страны не зависят от небольших изменений цены нефти. И наоборот, рынок склонен резко реагировать на изменения цены нефти, когда ее уровень находится ниже заложенного в бюджет или необходимого, по мнению экспертов, для достаточного наполнения бюджета.

Эта гипотеза подтверждается в спецификациях 1 и 4. При высоких ценах на нефть волатильность валютного курса ниже и коэффициент влияния тоже ниже, чем в обычной ситуации (коэффициенты при *highoil* и *lvoloil* × *highoil* отрицательные). При низких ценах на нефть волатильность валютного курса и значение коэффициента влияния выше обычных (коэффициенты при *lowoil* и *lvoloil* × *lowoil* положительны в спецификации 4). В спецификации 1

Таблица 1. Результаты оценивания влияния волатильности нефти до и после введения санкций

	Спецификации модели							
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<i>lvoloil</i>	0.461*** (0.027)	0.277*** (0.018)	0.365*** (0.020)	0.335*** (0.026)	0.476*** (0.017)	0.365*** (0.016)	0.365*** (0.017)	0.365*** (0.016)
<i>lowoil</i>	-0.277 (0.499)			3.930*** (0.455)				
<i>highoil</i>	-4.385*** (0.527)			-2.491*** (0.433)				
<i>lvoloil</i> × <i>lowoil</i>	-0.113* (0.068)			0.566*** (0.062)				
<i>lvoloil</i> × <i>highoil</i>	-0.479*** (0.062)			-0.287*** (0.051)				
<i>floating</i>		5.006*** (0.462)	1.533 (1.298)	-0.013 (1.290)		7.338*** (0.464)		5.489*** (2.095)
<i>lvoloil</i> × <i>floating</i>		0.501*** (0.060)	0.181 (0.142)	-0.026 (0.142)		0.665*** (0.058)		0.436* (0.249)
<i>sanctions</i>			2.798** (1.237)	3.734*** (1.210)				
<i>lvoloil</i> × <i>sanctions</i>			0.232* (0.132)	0.340*** (0.129)				
<i>sanc1</i>					0.850*** (0.109)	0.715*** (0.099)	-1.765 (5.710)	-1.765 (5.593)
<i>sanc2</i>					0.701*** (0.082)	0.538*** (0.074)	-0.431 (4.747)	-0.431 (4.650)
<i>sanc3</i>					0.651*** (0.095)	0.491*** (0.087)	-3.285 (7.391)	-3.285 (7.240)
<i>sanc4</i>					2.184*** (0.057)	0.793*** (0.084)	13.170*** (0.606)	1.425 (1.659)
<i>sanc5</i>					1.355*** (0.043)	-0.875*** (0.111)	3.867*** (0.762)	-1.622 (2.224)
<i>sanc6</i>					0.666*** (0.041)	-1.672*** (0.112)	8.502*** (0.613)	3.014 (2.180)
<i>sanc7</i>					0.551*** (0.062)	-1.353*** (0.121)	0.301 (1.601)	-5.187** (2.617)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc1</i>							-0.265 (0.609)	-0.265 (0.597)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc2</i>							-0.101 (0.493)	-0.101 (0.483)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc3</i>							-0.393 (0.770)	-0.393 (0.754)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc4</i>							1.346*** (0.074)	0.071 (0.186)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc5</i>							0.323*** (0.100)	-0.114 (0.268)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc6</i>							1.049*** (0.082)	0.612** (0.262)
<i>lvoloil</i> × <i>sanc7</i>							-0.030 (0.196)	-0.467 (0.314)
<i>Constant</i>	-6.161*** (0.218)	-7.947*** (0.154)	-7.273*** (0.166)	-7.515*** (0.211)	-6.364*** (0.141)	-7.272*** (0.135)	-7.273*** (0.137)	-7.273*** (0.134)
Число наблюдений	2497	2497	2497	2497	2497	2497	2497	2497
R^2	0.318	0.501	0.524	0.551	0.614	0.683	0.676	0.690
Adjusted R^2	0.316	0.500	0.523	0.549	0.613	0.682	0.675	0.688

Примечание *, **, *** — значимость на 10, 5 и 1%-ном уровне. В скобках приведены стандартные ошибки в форме Ньюн-Веста.

эти коэффициенты не значимы на 5%-ном уровне. Спецификация 4 отличается от спецификации 1 тем, что в ней учитываются санкции и введение плавающего валютного курса, которые на большом интервале времени пересекаются с периодом снижения цены на нефть.

Спецификация 2 показывает, что введение плавающего валютного курса увеличивает его волатильность и коэффициент влияния. Однако при введении в уравнение санкций (спецификация 3) влияние плавающего валютного курса оказывается незначимым, а увеличение волатильности валютного курса и коэффициента влияния полностью объясняется введением санкций.

Спецификации 5–8 более детально учитывают поэтапное введение санкций (см. список этапов в табл. П1 Приложения). В спецификацию 5 включены только фиктивные переменные — индикаторы периодов санкций. Ни одни из введенных санкций не отменялись, т. е. их интегральная «тяжесть» возрастала. Коэффициенты при этих фиктивных переменных положительны, т. е. при введении санкций волатильность валютного курса возрастает. Однако после 4-го периода коэффициенты при этих фиктивных переменных убывают, а не возрастают с ростом тяжести санкций. Это означает, что экономика страны адаптируется к санкциям.

Спецификация 7 отличается от спецификации 5 тем, что в нее введены перекрестные члены волатильности цены на нефть с фиктивными переменными по периодам санкций. Эта спецификация позволяет исследовать зависимость коэффициента влияния от периода санкций. Значимое увеличение коэффициента влияния наблюдается только в периодах 4, 5 и 6.

Спецификации 6 и 8 отличаются от спецификаций 5 и 7 тем, что в них учитывается введение плавающего валютного курса. Плавающий валютный курс был введен в течение 4-го периода санкций, и положительные коэффициенты при $floating$ и $lvoloil \times floating$ не обязательно означают, что введение плавающего валютного курса увеличивает его волатильность и значение коэффициента влияния, а скорее означают, что эти переменные взяли на себя эффект от периодов 4–7 санкций.

7. Заключение

В данной работе исследуется влияние волатильности цены на нефть на волатильность обменного курса рубль/доллар. Показано, что волатильность нефти оказывает постоянное влияние на волатильность обменного курса, но степень этого влияния не постоянна во времени. В период высоких цен на нефть наблюдается снижение как волатильности валютного курса, так и ее зависимости от волатильности цены на нефть. В периоды низких цен на нефть наблюдается обратный эффект — увеличение как волатильности валютного курса, так и ее зависимости от волатильности цены на нефть.

Введение санкций привело к увеличению как волатильности валютного курса, так и ее зависимости от волатильности цены на нефть. Отметим, что к аналогичному выводу приходят и авторы работ (Анкудинов, Лебедев, 2017; Ankudinov et al., 2017), которые показали, что почти для всех секториальных российских индексов в постсанкционный период наблюдается статистически значимое повышение волатильности. Однако они не отделяли эффект санкций от эффекта снижения цены на нефть.

В данной работе, с использованием идеи интегрального индекса санкций, удалось детально изучить влияние поэтапного введения санкций. При этом важно заметить, что максимальный эффект от санкций достигался в конце 2014 г., а последующие санкции не оказывали столь же значимого эффекта на волатильность обменного курса. Поскольку интегральная

тяжесть санкций возрастала, то можно прийти к выводу об адаптации экономики страны к санкциям. Это подтверждает скептицизм относительно эффективности санкций, высказанный в работе (Dreger et al., 2016).

Литература

Алехин Б. И. (2016). Нефть и рубль: скованные одной цепью. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*, 16, 2–19.

Анкудинов А. Б., Лебедев О. В. (2017). Санкции и волатильность финансовых индикаторов. *Материалы VIII Евразийского экономического форума молодежи*, 42–48.

Российский фондовый рынок: События и факты. Ежегодный обзор НАУФОР. 2008–2017. <http://www.naufor.ru/tree.asp?n=15191>.

Allen D., McAleer M. (2018). Theoretical and empirical differences between diagonal and full BEKK for risk management. *Energies*, 11 (7), 1627, doi:10.3390/en11071627.

Ankudinov A., Ibragimov R., Lebedev O. (2017). Sanctions and the Russian stock market. *Research in International Business and Finance*, 40, 150–162.

Aydogan B., Tunc G., Yelkenci T. (2017). The impact of oil price volatility on net-oil exporter and importer countries' stock markets. *Eurasian Economic Review*, 7, 231–253.

Bai S., Koong K. S. (2018). Oil prices, stock returns, and exchange rates: Empirical evidence from China and the United States. *North American Journal of Economics and Finance*, 44, 12–33.

Barndorff-Nielsen O., Shephard N. (2002). Econometric analysis of realized volatility and its use in estimating stochastic volatility models. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 64 (2), 253–280.

Basher S. A., Haug A. A., Sadorsky P. (2018). The impact of oil-market shocks on stock returns in major oil-exporting countries. *East West University Department of Economics Working Paper Series*, WP 2018–03.

Boldanov R., Degiannakis S., Filix G. (2016). Time-varying correlation between oil and stock market volatilities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *International Review of Financial Analysis*, 48, 209–220.

Bollerslev T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327.

Dreger C., Kholodilin K. A., Ulbricht D., Fidrmuc J. (2016). Between the hammer and the anvil: The impact of economic sanctions and oil prices on Russia's ruble. *Journal of Comparative Economics*, 44 (2), 295–308.

Engle R. F., Kroner K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric Theory*, 11, 122–150.

Gędek S. (2013). Ruble exchange rate and oil price. Does Russian economy shows symptoms of Dutch disease? In: *8th PanEuropean Conference on International Relations Warsaw*, 18–21 September, 1–11.

Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return. *The Journal of Finance*, 48 (5), 1779–1801.

Gurvich E., Prilepskiy I. (2015). The impact of financial sanctions on the Russian economy. *Russian Journal of Economics*, 1, 359–385.

Huang Y., Su W., Li X. (2010). Comparison of BEKK GARCH and DCC GARCH models: An empirical study. In: *International Conference on Advanced Data Mining and Applications, ADMA 2010, Part II*, LNCS 6441, 99–110.

Jiranyakul K. (2015). Oil price volatility and real effective exchange rate: The case of Thailand. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5 (2), 574–579.

Kaplan F. (2015). Oil price, exchange rate and economic growth in Russia: A multiple structural break approach. *Advances in Management & Applied Economics*, 5 (4), 91–104.

Kim J-M., Jung H. (2018). Dependence structure between oil prices, exchange rates, and interest rates. *The Energy Journal*, 39 (2), 259–280.

Korhonen I., Juurikkala T. (2009). Equilibrium exchange rates in oil-exporting countries. *Journal of Economics and Finance*, 33, 71–79.

Mironov V. V., Petronevich A. V. (2015). Discovering the signs of Dutch disease in Russia. *Resources Policy*, 46, 97–112.

Wang Y., Wei Y, Wuc C., Yin L. (2018). Oil and the short-term predictability of stock return volatility. *Journal of Empirical Finance*, 47, 90–104.

Yang L., Cai X. J., Hamori S. (2018). What determines the long-term correlation between oil prices and exchange rates? *North American Journal of Economics and Finance*, 44, 140–152.

Zakoian J-M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931–955.

Поступила в редакцию 12.08.2018;
принята в печать 21.11.2018.

Приложение

Таблица П1. Список наиболее значимых санкций, которые были введены против РФ за 2014–2017 гг., и другие важные даты

Дата	Описание
17.03.2014	Ряд международных организаций, в том числе ЕС, НАТО, а также ряд стран объявили о приостановке сотрудничества с РФ по отдельным проектам и введении санкций в отношении отдельных российских политиков
28.04.2014	США наложили санкции на 7 российских граждан и 17 российских компаний, в том числе «Стройтрансгаз», «Волга Групп», «Трансойл», «Собинбанк», «Инвесткапиталбанк», «СМП Банк», «Авиа Групп», в связи с ситуацией вокруг Украины
17–30.07.2014	Введение дополнительных санкций на протяжении второй половины июля различными странами ЕС и США против РФ, в том числе «секторальных санкций»
12.09.2014	ЕС объявил о введении новых санкций против РФ, в частности, против Сбербанка и нефтедобывающих компаний
16.02.2015	ЕС объявил о введении новых санкций. Санкционный список стал содержать 151 физическое лицо и 37 юридических лиц
22.12.2015	Расширение санкций США против РФ — санкции наложены на 34 физических и юридических лица
29.12.2016	Президент США подписал приказ о выдворении 35 российских дипломатов и расширении санкций против РФ в связи с вмешательством в президентские выборы США
<i>Другие важные даты</i>	
10.11.2014	Свободный обменный курс
22.08.2014	Начало падения цены на нефть

Aganin A., Peresetsky A. Volatility of ruble exchange rate: Oil and sanctions. *Applied Econometrics*, 2018, v. 52, pp. 5–21.

Artem Aganin

National Research University Higher School of Economics (NRU HSE), Moscow, Russian Federation; aaganin@hse.ru

Anatoly Peresetsky

National Research University Higher School of Economics (NRU HSE), Moscow, Russian Federation; aperesetsky@hse.ru

Volatility of ruble exchange rate: Oil and sanctions

Stability of the national currency exchange rate is an important factor for sustainable economic growth. A number of papers demonstrate that in the oil exporting countries currency exchange rate to the large extent is defined by the international oil prices. However, there are almost no papers which consider dependence of the exchange rate volatility on the volatility of oil prices. In this paper, we use one-dimensional GARCH models and two-dimensional VAR-BEKK models to analyze the dependence of the ruble exchange rate volatility on the oil price volatility. We found out that this dependence is not constant in time and depends on various macroeconomic factors. This dependence significantly increases when oil prices are low and weakens when oil prices are high. The introduction of sanctions has increased the volatility of the ruble exchange rate. Sanctions have also increased the dependence of the ruble exchange rate volatility on oil price volatility. It is also shown that the impact of sanctions decreases with time, what can be interpreted as an adaptation of the Russian economy to sanctions.

Keywords: exchange rate volatility; oil price volatility; Russia; sanctions; AR-TGARCH; VAR-BEKK.

JEL classification: C58; E44; F51; G18; G28.

References

Alekhin B. I. (2016). Oil and the Russian ruble: Two links of the same chain. *Financial Analytics: Science and Experience*, 16, 2–19 (in Russian).

Ankudinov A. B., Lebedev O. V. (2017). Sankcii i volatil'nost' finansovyh indikatorov. *Materialy VIII Evrazijskogo ehkonomicheskogo foruma molodezhi*, 42–48 (in Russian).

Rossijskij fondovyyj rynek: Sobytiya i fakty. Ezhegodnyj obzor NAUFOR. 2008–2017. <http://www.naufor.ru/tree.asp?n=15191>.

Allen D., McAleer M. (2018). Theoretical and empirical differences between diagonal and full BEKK for risk management. *Energies*, 11 (7), 1627, doi:10.3390/en11071627.

Ankudinov A., Ibragimov R., Lebedev O. (2017). Sanctions and the Russian stock market. *Research in International Business and Finance*, 40, 150–162.

Aydogan B., Tunc G., Yelkenci T. (2017). The impact of oil price volatility on net-oil exporter and importer countries' stock markets. *Eurasian Economic Review*, 7, 231–253.

Bai S., Koong K. S. (2018). Oil prices, stock returns, and exchange rates: Empirical evidence from China and the United States. *North American Journal of Economics and Finance*, 44, 12–33.

- Barndorff-Nielsen O., Shephard N. (2002). Econometric analysis of realized volatility and its use in estimating stochastic volatility models. *Journal of the Royal Statistical Society Series B*, 64 (2), 253–280.
- Basher S. A., Haug A. A., Sadorsky P. (2018). The impact of oil-market shocks on stock returns in major oil-exporting countries. *East West University Department of Economics Working Paper Series*, WP 2018–03.
- Boldanov R., Degiannakis S., Filix G. (2016). Time-varying correlation between oil and stock market volatilities: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *International Review of Financial Analysis*, 48, 209–220.
- Bollerslev T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307–327.
- Dreger C., Kholodilin K. A., Ulbricht D., Fidrmuc J. (2016). Between the hammer and the anvil: The impact of economic sanctions and oil prices on Russia's ruble. *Journal of Comparative Economics*, 44 (2), 295–308.
- Engle R. F., Kroner K. F. (1995). Multivariate simultaneous generalized ARCH. *Econometric Theory*, 11, 122–150.
- Gędek S. (2013). Ruble exchange rate and oil price. Does Russian economy shows symptoms of Dutch disease? In: *8th PanEuropean Conference on International Relations Warsaw*, 18–21 September, 1–11.
- Glosten L. R., Jagannathan R., Runkle D. E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return. *The Journal of Finance*, 48 (5), 1779–1801.
- Gurvich E., Prilepskiy I. (2015). The impact of financial sanctions on the Russian economy. *Russian Journal of Economics*, 1, 359–385.
- Huang Y., Su W., Li X. (2010). Comparison of BEKK GARCH and DCC GARCH models: An empirical study. In: *International Conference on Advanced Data Mining and Applications, ADMA 2010, Part II*, LNCS 6441, 99–110.
- Jiranyakul K. (2015). Oil price volatility and real effective exchange rate: The case of Thailand. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 5 (2), 574–579.
- Kaplan F. (2015). Oil price, exchange rate and economic growth in Russia: A multiple structural break approach. *Advances in Management & Applied Economics*, 5 (4), 91–104.
- Kim J-M., Jung H. (2018). Dependence structure between oil prices, exchange rates, and interest rates. *The Energy Journal*, 39 (2), 259–280.
- Korhonen I., Juurikkala T. (2009). Equilibrium exchange rates in oil-exporting countries. *Journal of Economics and Finance*, 33, 71–79.
- Mironov V. V., Petronevich A. V. (2015). Discovering the signs of Dutch disease in Russia. *Resources Policy*, 46, 97–112.
- Wang Y., Wei Y., Wuc C., Yin L. (2018). Oil and the short-term predictability of stock return volatility. *Journal of Empirical Finance*, 47, 90–104.
- Yang L., Cai X. J., Hamori S. (2018). What determines the long-term correlation between oil prices and exchange rates? *North American Journal of Economics and Finance*, 44, 140–152.
- Zakoian J-M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18, 931–955.

Received 12.08.2018; accepted 21.11.2018.