

## ФИНАНСОВАЯ ЭКОНОМИКА

**К.Г. Асатуров<sup>1</sup>,**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
(НИУ ВШЭ) (Москва, Россия)

**Т.В. Теплова<sup>2</sup>,**

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
(НИУ ВШЭ) (Москва, Россия)

### **ЭФФЕКТЫ ПЕРЕТЕКАНИЯ ВОЛАТИЛЬНОСТИ И ЗАРАЖЕНИЯ НА ФОНДОВЫХ РЫНКАХ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ И ЛОКАЛЬНЫХ ЛИДЕРОВ (часть 1)**

Исследование посвящено выявлению устойчивых связей между фондовыми рынками трех географических регионов и включает до- и пост-кризисный периоды. Предложена модель ARMA-DCC-GARCH, позволяющая оценить динамическую корреляцию фондовых рынков и получить количественные оценки эффектов перетекания волатильности (Volatility Spillover Effects). Модель основана на данных 26 глобальных и локальных фондовых рынков трех регионов (Америка, Европа и Азия) в период с 1995 по 2012 г. В ходе исследования было показано, что американский рынок является источником волатильности для мировых рынков, а немецкий, британский и французский рынки — для европейских фондовых рынков. Немецкий индекс DAX вопреки ряду утверждений не может быть признан доминирующим в европейском регионе. Роль «экспортера волатильности» принадлежит фондовому рынку Великобритании. Рынки США, Великобритании, Германии и Франции оказывают большее влияние на развивающиеся рынки капитала, чем на развитые. Анализ волатильности рынков Восточной и Северной Европы позволил сделать вывод, что из двух рынков (Россия и Польша) доминирующая роль передачи волатильности принадлежит России.

**Ключевые слова:** DCC-GARCH, эффекты перетекания волатильности, эффекты заражения, мировые фондовые рынки.

---

<sup>1</sup> *Асатуров Константин Гарриевич*, аналитик проектно-учебной лаборатории анализа финансовых рынков (ЛАФР) ф-та экономики НИУ ВШЭ, аналитик департамента анализа рыночной конъюнктуры Газпромбанка; e-mail: kgasaturov@gmail.com

<sup>2</sup> *Теплова Тамара Викторовна*, докт. экон. наук, проф. кафедры фондового рынка и рынка инвестиций НИУ ВШЭ, руководитель проектно-учебной лаборатории анализа финансовых рынков (ЛАФР) ф-та экономики НИУ ВШЭ; e-mail: toma@sani-k.ru

**K.G. Asaturov,**

Higher School of Economics — National Research University (Moscow, Russia)

**T.V. Teplova,**

Higher School of Economics — National Research University (Moscow, Russia)

## **VOLATILITY SPILLOVER AND CONTAGION EFFECTS ON STOCK MARKETS: GLOBAL AND LOCAL LEADERS DETERMINATION (PART 1)**

The study focuses on the identification of stable relations between the stock markets of three geographic regions, including pre- and post-crisis periods. The paper demonstrates the applicability of the ARMA-DCC-GARCH model, allowing to provide a detailed examination of the dynamic correlation between 26 stock markets in the three regions (America, Europe and Asia) over the period of 1995–2012. We examine the volatility spillover effects and conditional correlations among the international equity markets. The country stock index is considered as an indicator of market dynamics. The results show that the US market (S&P500 index) is the main volatility transmitter worldwide, whereas the UK, German and French markets are the sources of volatility for the European developed and emerging European equity markets. However, the German DAX index, contrary to some studies, cannot be considered as a dominant one in the European region, in spite of the leadership of the German economy. The study shows that the role of “exporting volatility” or volatility transmitter belongs to the UK stock market. We also found that the US, the UK, Germany and France have a greater influence on emerging markets rather than on developed ones. Between the two markets in the North and East European region (Russia and Poland) the dominant transmitter role belongs to Russia.

**Key words:** DCC-GARCH, volatility spillover effect, contagion effect, international stock markets.

### **1. Введение**

Последние десятилетия в экономике наблюдаются процессы усиления интеграции, взаимовлияния различных рынков (товарных, финансовых, трудовых) и их сегментов. Интеграция (проникновение) и взаимовлияние отмечаются как в географическом, так и в качественном отношении, когда подвижки на одном рынке достаточно быстро оказывают значимое воздействие на другие. Это естественный процесс, так как формирование и укрепление связей между экономиками разных по уровню развития стран, экономическая либерализация во многих регионах мира, создание Европейского союза (ЕС) способствовали ускорению движения товарных и денежных потоков. Важным фактором стало и постепенное снятие барьеров для свободного движения капитала, развитие информационных технологий. Возникли глобальные (Лондон,

Нью-Йорк, Сингапур, Франкфурт, Цюрих, Токио) и региональные финансовые рынки и центры (Гонконг, Кейптаун, Шанхай, Сан-Паулу), которые сильно влияют на близлежащие локальные рынки. В результате любое значимое событие, произошедшее в глобальной экономике (долговой кризис в еврозоне и его локальные шоки (например, банкротство крупнейших банков Кипра)), находит в той или иной форме отражение в локальных рынках капитала и ряде других сегментов финансовых рынков. При оценке интеграционных процессов на фондовых рынках принято рассматривать влияние доходности одного рынка на другой, волатильности одного рынка на другой или волатильности на доходность (анализ премии за риск).

Цель представленной работы — оценить, насколько региональные и локальные рынки капитала подвержены внешним воздействиям (прежде всего со стороны фондовых рынков мировых финансовых центров), какие рынки оказывают большее влияние, как их связи изменяются со временем, какие значимые события могут оказать существенное влияние на усиление или ослабление связей, появляется ли обратный эффект (т.е. можно ли говорить о взаимовлиянии). Для достижения этого решается ряд задач: разработка модели, позволяющей выявлять динамическую корреляцию фондовых рынков (сопоставление моделей на базе конструкции GARCH и спецификация модели DCC-GARCH), оценка эффекта перетекания волатильности (Volatility Spillover Effects, Volatility Transmission), выявление изменений во взаимозависимостях фондовых индексов (оценка эффектов заражения (Financial Contagion)) и обнаружение центров (очагов) возмущения на региональном и глобальном уровнях.

Работа разделена на две части. В первой части параметризована модель DCC-GARCH для анализа эффектов перетекания волатильности и приведены их количественные оценки. Во второй части уже полученные из предложенной модели ряды динамической условной корреляции для каждой пары индексов протестированы на наличие эффектов заражения.

Согласно работам Ю. Хамао с соавт. [Hamao et al., 1990] и Г. Камински, К. Рейнхарта [Kaminsky, Reinhart, 2003], эффект перетекания волатильности (Volatility Spillover Effects, VSE) определяется как передача информации с одного рынка на другой в течение устойчивого (стабильного) периода развития экономики, а эффект заражения (Contagion) — как распространение шока между двумя рынками, причем рассматриваются как положительные, так и отрицательные шоки, каскадно увеличивающие условную корреляцию рассматриваемых рынков. Тем самым понятия перетекания волатильности и заражения трактуются следующим образом: эф-

эффект перетекания волатильности (VSE) формирует устойчивые связи между различными рынками или их сегментами (информационный поток и его выражение в виде изменения доходностей и их волатильности); эффект заражения проявляется в усилении взаимосвязи рынков в течение краткосрочных периодов времени под влиянием тех или иных четко обозначенных событий или общих кризисных явлений в экономике. В разрезе принятых в работе формулировок указанных терминов будет корректным оценить показатели эффектов перетекания волатильности и эффектов заражения независимо друг от друга, так как они определяют взаимозависимости рынков в разные периоды (в методологии обоих частей исследования показано, что эффекты заражения и эффекты перетекания волатильности не будут зависеть друг от друга функционально, хотя и будут получены на основе одной модели).

В работе рассматриваются взаимосвязи глобальных, региональных и локальных фондовых рынков. Акцент делается на анализе взаимозависимостей фондовых индексов в разные периоды функционирования мировой экономики (кризисный и стабильный), на выявлении взаимовлияния волатильности рынков в долгосрочном периоде. Раскрываются эффекты перетекания волатильности, эффекты заражения (contagion effects) и их очаги (эпицентры) при наступлении общих кризисных явлений в экономике, а также тех или иных значимых региональных событий.

Новизна работы состоит в том, что методология комбинирует в себе анализ эффектов перетекания волатильности и эффектов заражения. Ранее эти эффекты изучались независимо, что, по мнению авторов статьи, является большим упущением. В представленной статье использована оригинальная методология оценки эффектов заражения, которая учитывает гетероскедастичность рядов доходности рынков (учитывается тот факт, что часто волатильность рынков растет в периоды кризисов, что увеличивает корреляцию доходностей<sup>3</sup>). Благодаря этому эффекты перетекания волатильности легко сравнимы для разных регионов и рынков, что в подобного рода исследованиях и для такой большой выборки, как в данной работе, встречается редко. Кроме того, выборка включает посткризисный период (с 2010 г.), который был плохо представлен в литературе. Его анализ позволяет судить об изменчивости связей и заражений различных рынков в этот период.

Новым в работе является также анализ рынков Восточной Европы с акцентом на рынки Польши и России. Проверяются ранее

---

<sup>3</sup> Так как корреляция рынков сильно зависит от их волатильности, как и подразумевают основы математической статистики, то, если анализировать периоды кризиса, корреляция рынков может возрасти за счет роста волатильности, а не за счет усиления «чистой» связи между рынками.

не затрагиваемые учеными гипотезы о значимости данных рынков в регионе и порождаемом ими локальном финансовом заражении в ходе рассматриваемых событий<sup>4</sup>.

Актуальность темы подтверждается большим числом исследований, проведенных за последние 15 лет, в которых давался анализ по различным регионам и с применением большого спектра методов. Вопрос об уровне интеграции финансовых (фондовых, в частности) рынков важен в первую очередь для международных инвесторов (понимание взаимосвязей между глобальными и локальными рынками необходимо при принятии инвестиционных решений в целях диверсификации капитала, при хеджировании рисков<sup>5</sup>). Кроме того, сегментированность или интегрированность рынков оказывает влияние на финансовую стабильность, устойчивость локальных рынков и динамику их развития. Поэтому понимание поведения доходности и волатильности доходностей финансовых инструментов, источников порождения волатильности могут помочь регулирующим органам правильно выстроить политику открытости рынка капитала в различные периоды развития экономики, разумно установить защитные меры от шоков волатильности при регулировании международного движения капитала.

Исследование динамической корреляции доходности и волатильности рынков способствует тому, что и инвесторы, и регуляторы, принимающие решения о проведении той или иной политики, способны будут увидеть целостную картину того, как изменяется интегрированность рынков с течением времени, как меняется роль традиционных и новых финансовых центров. В представленной статье вскрывается ряд спорных вопросов об изменении роли глобальных финансовых центров, наличии эффектов заражения в мировой финансовой системе (в частности, на фондовом рынке).

Для оценки степени интеграции между различными рынками (в том числе финансовыми) и их сегментами было предложено множество различных моделей: анализ кросс-корреляций [Koedijk et al., 2002; Longin, Solnik, 1995], коинтеграционный анализ [Kasa, 1992; Richards, 1995], другие эконометрические методы. Большинство исследований в рассматриваемой области строится на анализе

---

<sup>4</sup> Речь о них пойдет во второй части работы, в которой тестируются эффекты заражения.

<sup>5</sup> Несмотря на уменьшение возможностей межстрановой диверсификации портфелей из-за роста связей между рынками, для инвесторов остаются варианты межстранового портфельного инвестирования при правильном учете взаимосвязи секторов рынка и страновых особенностей. Например, если на «бычьем» рынке инвесторам выгоднее инвестировать в схожие сектора экономики в разных странах, то на «медвежьем» рынке рекомендация противоположна, так как увеличивается взаимозависимость секторов разных стран и возможности глобальной диверсификации становятся ограниченными.

влияния одного показателя на другой, количественной оценке этого влияния (например, в большом числе работ показаны взаимосвязи между ростом (падением) доходностей на разных фондовых рынках (Mean Spillover Effects)). С 2000-х гг. стало популярно изучение степени интеграции рынков (по взаимовлиянию доходностей) относительно выхода плановых (ожидаемых) и неожиданных (не предсказанных теми или иными моделями, например трендовыми построениями) выпусков новостей (например, макроэкономических) или значимых событий на глобальных рынках [Becker et al., 1995; Bollerslev et al., 2000]. Еще один пласт работ при оценке интеграции рынков — взаимовлияние волатильностей рынков, анализ динамической корреляции волатильности. По мнению авторов статьи, именно показатель волатильности несет в себе качественную информацию о взаимовлиянии рынков и может играть решающую роль в выявлении изменений рыночных взаимосвязей с течением времени.

## **2. Обзор литературы по ранее проведенным работам**

Первые работы, поднимающие вопросы о выявлении количественных оценок степени интеграции между фондовыми рынками (индексами), относятся к концу 1960—1970-х гг. Основной вывод, который следует из них, таков: корреляция между фондовыми индексами мала, события национальных рынков оказывают преобладающее влияние на значения фондовых индексов рассматриваемых стран. Однако с середины 1980-х гг. выводы исследователей меняются, они говорят о том, что рынки интегрируются и растет роль США как мирового финансового центра, определяющего, в частности, динамику других фондовых рынков (большая часть научных работ строилась на проверке влияния новостей с одного рынка на изменение доходности инвестирования на других рынках капитала). В последующих трудах 1990-х гг. [Namao et al., 1990; Neumark et al., 1991] отмечается, что США оказывают влияние не только на доходность рынков, но и на их волатильность. Внимание акцентируется также на том, насколько сильны обратные влияния развитых региональных рынков капитала (например, Германии, Великобритании, Японии) на фондовый рынок США. Только в единичных работах в анализ были включены развивающиеся рынки капитала, так как традиционно предполагалось, что они всецело зависят от развитых и самостоятельного влияния на другие рынки не оказывают. Для выявления таких взаимовлияний широкое распространение получила модель GARCH и ее модификации, примененные к рядам значений доходностей (дневных или недельных) фондовых индексов.

Создание Европейского союза (ЕС), включение ряда стран в зону евро, кризисные события конца 1980-х гг. породили большой пласт работ по исследованию интеграционных процессов на фондовом рынке Европы. В ряде трудов по европейским рынкам доказывается доминирующая роль рынка Германии ввиду значимости экономики в регионе, указывается, что именно шоки на финансовом рынке этой страны оказывают значимое влияние на другие европейские финансовые рынки (обзор литературы представлен в [Асатуров и др., 2012]).

Рынок России был включен в очень небольшое число работ по исследованию взаимовлияния волатильности. М. Капорале и Н. Спаньоло [Caporale, Spagnolo, 2011] показали, что наблюдается эффект перетекания волатильности из России и Великобритании в страны Центральной и Восточной Европы (Чешская Республика, Венгрия и Польша), однако обратного влияния не выявлено (применялась модель VAR-GARCH для анализа недельных данных фондовых бирж). К. Салеем [Saleem, 2009] с помощью модели GARCH-BEKK доказывает, что до кризиса 1998 г. наблюдались двусторонние эффекты перетекания волатильности между Россией и США, развивающимися рынками европейского региона и односторонние эффекты перетекания волатильности с рынков ЕС на рынок России; во время кризиса 1998 г. фиксировался односторонний эффект перетекания волатильности из России на все остальные фондовые рынки и из стран Азии в Россию, а после кризиса 1998 г. опять проявились двусторонние эффекты перетекания волатильности между Россией и США, рынками азиатского региона и односторонний эффект перетекания волатильности из России на развивающиеся европейские рынки.

В представленной статье влияние рынка США на другие рынки исследуется для тестирования предложенной авторами модели и уточнения результатов предыдущих работ для посткризисного периода. Для рынков европейского региона проверяется ряд гипотез, по которым в ранее проведенных исследованиях не было получено однозначного ответа. Анализируется роль фондового рынка Германии (в частности, гипотеза, что фондовый рынок Германии как рынок наиболее экономически сильной страны ЕС является эпицентром для распространения волатильности по всем европейским рынкам, и даже если ключевые (пусковые) события происходят не на рынке Германии, то интеграция и тесная связь других рынков с немецким рынком оказываются решающими при дальнейшей передаче и распространении экономических шоков по рынкам европейского региона). Альтернативная гипотеза отдает первенство в порождении волатильности в европейском регионе Великобритании, а Германии отводит третье место после Франции.

Также рассматривается спорный вопрос о конкурирующих фондовых рынках России и Польши (какой из этих рынков оказывает наибольшее влияние на рынки Восточной и Северной Европы).

### **3. Тестируемые гипотезы**

В первой части работы тестируется несколько гипотез, касающихся эффектов перетекания волатильности. Данные гипотезы разделены на 3 блока:

1. *Взаимовлияние волатильности между рынком США и мировыми фондовыми рынками:*

- американский рынок — источник волатильности для мировых фондовых рынков;
- только развитые рынки демонстрируют влияние на американский рынок;
- развитые рынки капитала менее чувствительны к волатильности американского фондового рынка, нежели развивающиеся.

2. *Взаимовлияние волатильности между немецким, британским, французским и европейскими фондовыми рынками:*

- все европейские рынки подвержены влиянию волатильности немецкого, французского и британского индексов;
- эффекты перетекания волатильности с немецкого, французского и британского рынков в развитые рынки слабее, нежели в развивающиеся рынки;
- только развитые рынки Европы влияют на немецкий, британский и французский рынки.

3. *Влияние волатильности российского и польского рынков на рынки Северной и Восточной Европы:*

- наблюдаются статистически значимые эффекты перетекания волатильности с российского и польского рынков на рынки стран Восточной и Северной Европы;
- эффекты перетекания волатильности из России на рынки Восточной и Северной Европы превышают эффекты перетекания эффектов перетекания волатильности из Польши.

### **4. Описание и предварительный анализ данных**

В качестве исходных данных взяты цены закрытия фондовых индексов (база Bloomberg) следующих стран в локальных валютах: США (S&P500), Россия (RTSI), Великобритания (FTSE100), Япония (Nikkei225), Германия (DAX), Гонконг (Hang Seng), Польша (WIG), Франция (CAC40), Бразилия (Bovespa), Голландия (AEX), Австрия (ATX), Чехия (PXI), Словакия (SAX), Швейцария (SMI), Швеция (OMX), Южная Корея (KOSPI), Индия (BSE100), Греция



(ASE), Тайвань (TSEC), Украина (PFTS), Румыния (BET), Болгария (SOFIX), Эстония (TALSE), Венгрия (BUX), Литва (VILSE) и Латвия (RIGSE).

Временной период для анализа эффектов перетекания волатильности и эффектов заражения — с 1 января 1995 г. по 31 декабря 2011 г. (эффекты перетекания волатильности и заражения между рынками России, Польши и Восточной и Северной Европы тестировались на отрезке с 1 января 2001 г. по 31 декабря 2011 г., для которого имели место значимые события, выделяемые в рамках настоящего исследования).

Доходность каждого индекса рассчитывалась по формуле:

$$r_t = (\ln P_t - \ln P_{t-1}) \times 100\%,$$

где  $P_t$  и  $P_{t-1}$  — цены закрытия фондового индекса в период времени  $t$  и  $(t-1)$  соответственно.

Для каждой пары индексов (индекса S&P500 и фондового индекса другой страны) данные были обработаны таким образом, что для каждой даты из рассматриваемого периода имеются значения по обоим индексам. Если одна из бирж не работала в какой-то день, то эта дата исключалась из анализа для обоих индексов, как было сделано в аналогичных работах [Sharkasi et al., 2005]. Такая процедура необходима для того, чтобы корректно оценить эффекты перетекания волатильности, так как они отражают, как изменение одного индекса повлияло на изменение другого. Таким образом, альтернативный подход в виде замены пропущенных наблюдений значениями предыдущего дня исказил бы результаты, так как этих изменений в значениях индекса на самом деле не было. А учитывая, что подобных наблюдений с отсутствующими значениями по одной из бирж было довольно много для каждой пары, предложенный подход оказался наиболее оптимальным и соответствующим мировой практике.

Хотя биржи анализируемых стран оперируют в различных часовых поясах, временная разница их закрытия не превышает 24 ч. Это позволяет использовать дневные цены закрытия без каких-либо модификаций (т.е. проверяется, к примеру, влияет ли закрытие рынка США, происходящее в ночное для московской биржи время, на закрытие российского рынка на следующий день, что согласуется с целями работы). Подобно авторам других работ [Hassan, Malik, 2007; Saleem, 2009], которые использовали дневные цены закрытия без корректировок, авторы статьи считают, что дневная динамика цен закрытия несет в себе достаточную информацию для определения взаимозависимости рынков. Использование недельных или месячных цен закрытия уменьшит размер выборки, что критично для предложенной в работе модели [Martens,

Roop, 2001]), а применение несинхронных цен закрытия (например, цена закрытия одного рынка и цена на определенное время другого) для такой большой выборки (с тестированием нескольких эпицентров волатильности) делает некорректным сравнение эффектов перетекания волатильности для различных пар индексов. К тому же цена закрытия является более надежным индикатором динамики и общего настроения рынка, нежели цена на некий момент времени в ходе торгов, так как последняя может быть следствием краткосрочных торговых операций и спекуляций. Разница в часах торгов незначительно влияет на корреляцию европейских и американского рынков [Jondeau, Rockinger, 2006].

Для каждой пары доходности проверялись на стационарность (ADF test), серийную коррелированность (Ljung-Box test) и гетероскедастичность (ARCH test). Результаты всех тестов поддерживают принятие предложенной методологии. Также был проведен тест Льюнга—Бокса для стандартизированных остатков, результаты которого подтверждают для большинства рядов доходностей корректность предложенной модели.

## 5. Методология исследования

Для анализа взаимовлияния волатильностей за основу взята двумерная модель динамических условных корреляций (Dynamic Conditional Correlation — Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity или DCC-GARCH), которая была предложена Р. Энглем в 2002 г. [Engle, 2002]. Важное свойство модели DCC-GARCH — предположение об изменчивой структуре корреляции во времени. Благодаря этому данная модель идеально подходит для анализа рынков, связь которых неустойчива.

Эффекты перетекания волатильности были оценены отдельно для каждой пары индексов в рамках двумерной модели ARMA-DCC-GARCH. Так, доходности неких индексов 1 и 2 моделировались с помощью модели ARMA ( $p, q$ ):

$$r_{it} = \alpha_i + \sum_{j=1}^p \beta_{i,j} r_{i,t-j} + \sum_{j=1}^q \gamma_{i,j} \varepsilon_{i,t-j} + \varepsilon_{it}, \text{ где } i=1,2.$$

$$\varepsilon_t | \Omega_{t-1} \sim N(0, H_t), \text{ где } \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{pmatrix}$$

где  $r_{it}$  — доходность индекса  $i$  в момент времени  $t$ ;  $\varepsilon_{it}$  — остатки в уравнении доходности индекса  $i$  в момент времени  $t$ , которые отражают отклонения (колебания) соответствующего рынка;  $\Omega_{t-1}$  — вся информация, доступная в момент времени  $t - 1$ ;  $H_t$  — вариационно-ковариационная матрица остатков из уравнения доходностей.

Предполагается, что остатки ARMA модели нормально распределены (результаты теста Льюнга–Бокса для большинства рядов доходностей подтверждают, что стандартизированные остатки являются белым шумом). Порядок авторегрессии ( $p$ ) и порядок скользящей средней ( $q$ ) определялся с помощью процедуры Бокса–Дженкинса на основе критерия Акаике (AIC)<sup>6</sup>.

Описанная ниже модель DCC-GARCH применяется отдельно для каждой пары индексов (другими словами, для определения взаимосвязи в рамках отдельной пары индексов используется двумерная модель DCC-GARCH). Доходность и волатильность рынка США или других ведущих фондовых рынков не включена в ARMA и GARCH уравнения доходности других рынков, как и в работе С. Ли [Lee, 2009], в которой присутствует анализ эффектов перетекания волатильности между азиатскими рынками. Согласно принятой в указанной выше работе интерпретации эффектов перетекания волатильности в данной статье оцениваются долгосрочные связи между фондовыми рынками, даже если они в рамках той или иной пары индексов являются лишь результатом передачи волатильности более крупных рынков. Другими словами, при оценке эффектов перетекания волатильности авторов не интересует, что волатильность порождает, а именно то, как она распространяется в каждой анализируемой паре. Более того, включение доходности и волатильности крупных рынков в уравнения для других рынков делает некорректным сравнение эффектов перетекания волатильности, которые оцениваются как для глобальных, так и локальных лидеров. Однако согласно методологии эффекты заражения<sup>7</sup>, отражающие краткосрочное влияния того или иного события на связь рынков, могут быть признаны косвенными, т.е. вызванными неким внешним фактором, которым может являться, например, влияние более крупной экономики (это особенно важно при анализе заражения, исходящего от польского и российского рынков). Таким образом, с одной стороны, если анализируемые рынки действительно лишь передают влияние более крупных рынков, эффекты перетекания волатильности между ними будут незначимыми (в силу 24-часового интервала между изменениями индексов), с другой стороны, предложенная методология позволит корректно оценить эффекты заражения, которые могут быть вызваны некой третьей стороной.

Согласно результатам ARCH-теста (AutoRegressive Conditional Heteroskedasticity Test), проверяющего наличие гетероскедастич-

---

<sup>6</sup> Критерий AIC для подбора параметров модели выбран потому, что он предлагает меньший штраф при добавлении дополнительных факторов. С точки зрения авторов работы, данный выбор критерия оптимален для целей исследования.

<sup>7</sup> Оцениваются во второй части работы.

ности для остатков модели ARMA  $(p, q)$ , был сделан вывод, что для доходностей всех индексов можно отвергнуть нулевую гипотезу об отсутствии ARCH-эффекта в модели.

Таким образом, доходность рассмотренных фондовых индексов была разделена на части, одна из которых определяется ожидаемой доходностью и остатками предыдущих периодов, т.е. прошлой информацией, а другая — отражает колебания данного индекса.

В модели DCC-GARCH корреляционная матрица стандартизированных остатков  $R_t$  не постоянна, а меняется во времени и оценивается следующим образом:

$$R_t = (\text{diag}(Q_t))^{-\frac{1}{2}} Q_t (\text{diag}(Q_t))^{-\frac{1}{2}},$$

где  $Q_t$  — ковариационная матрица стандартизированных остатков ( $z_t = \varepsilon_t/\sigma_t$ ), которая в каждый момент времени определяется по следующей формуле<sup>8</sup>:

$$Q_t = (1 - \omega_1 - \omega_2) \bar{Q} + \omega_1 z_{t-1} z'_{t-1} + \omega_2 Q_{t-1},$$

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_t z'_t,$$

$$\omega_1 + \omega_2 < 1, \omega_1, \omega_2 > 0,$$

где  $\bar{Q}$  — безусловная ковариационная матрица;  $z_{t-1}$  — стандартизированные остатки в момент времени  $t - 1$ ;  $T$  — количество наблюдений.

Условия, налагаемые на параметры  $\omega_1$  и  $\omega_2$ , обязательны: во-первых, они обеспечивают положительную определенность корреляционной матрицы, а во-вторых, сохраняют такую ее структуру, при которой однонаправленные колебания пар фондовых индексов будут увеличивать корреляцию. Исходя из предложенной модификации модели можно заметить, что количество параметров ( $\omega_1$  и  $\omega_2$ ), которые требуется оценить для определения ковариационной матрицы  $Q_t$  в модели DCC-GARCH, не растет с увеличением размерности модели (т.е. когда в модель включаются три и более индексов, а не попарно, как это сделано в данной работе). С одной стороны, это облегчает процесс оптимизации, но с другой — ограничивает корреляции между всеми анализируемыми индексами таким образом, что они будут иметь одинаковое динамическое поведение (даже если не все рынки из анализируемой группы индексов имеют однонаправленные колебания). Поэтому для правильной интерпретации результатов использовалась двумерная

<sup>8</sup>  $Q_0$  принимается равной нулевой матрице.

модель DCC-GARCH (т.е. для каждой пары индексов оценивалась модель DCC-GARCH).

Ковариационно-вариационная матрица  $H_t$  модели DCC-GARCH имеет вид:

$$H_t = D_t R_t D_t$$

или

$$\begin{pmatrix} h_{11,t} & h_{12,t} \\ h_{12,t} & h_{22,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{h_{11,t}} & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{22,t}} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 1 & \rho_{12,t} \\ \rho_{12,t} & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \sqrt{h_{11,t}} & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{22,t}} \end{pmatrix},$$

где  $R_t$  — корреляционная матрица;  $D_t$  — диагональная матрица условных дисперсий;  $h_{11,t}$  и  $h_{22,t}$  — условные дисперсии остатков;  $h_{12,t}$  — условная ковариация остатков.

Элементы матрицы  $D_t$  рассчитывались следующим образом:

$$\begin{pmatrix} h_{11,t} \\ h_{22,t} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\ \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{pmatrix}.$$

Параметры  $a_{11}$  и  $a_{22}$  отражают собственные шоки волатильности, возникающие от влияния предыдущих значений собственных колебаний на текущую волатильность. Коэффициенты  $a_{12}$  и  $a_{21}$  определяют шоки волатильности, возникающие от влияния предыдущих значений колебаний рынка 2 на волатильность рынка 1 и наоборот. Элементы  $g_{11}$  и  $g_{22}$  показывают влияние предыдущих значений собственной волатильности на текущую волатильность, а  $g_{12}$  и  $g_{21}$  оценивают перекрестное влияние волатильностей, возникающих от воздействия предыдущих значений волатильности рынка 2 на текущую волатильность рынка 1 и наоборот. В данном исследовании  $g_{12}$  и  $g_{21}$  рассматриваются как параметры, отражающие эффекты перетекания волатильности. Соответственно их статистическая значимость подтверждает существование эффектов перетекания волатильности<sup>9</sup>.

Модель DCC-GARCH оценивалась в данной работе в два шага: сначала анализировались параметры одномерных GARCH моделей, а затем определялись параметры корреляционной матрицы (для оценивания параметров был использован метод Нелдера—Мида). Логарифмическая функция максимального правдоподобия принимает следующий вид<sup>10</sup>:

<sup>9</sup> Так как параметры, отражающие эффекты перетекания волатильности, не могут превышать единицу из условия стационарности, то далее в таблицах они приведены в процентном формате.

<sup>10</sup> Для выполнения условий стационарности оптимизация логарифмической функции максимального правдоподобия проводилась с помощью адаптивного пологового алгоритма (adaptive barrier algorithm).

$$L(\theta) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (n \ln(2\pi) + \ln |D_t R_t D_t| + \varepsilon_t' (D_t R_t D_t)^{-1} \varepsilon_t),$$

где  $n$  — размерность модели (в нашем случае равна 2);  $\theta$  — вектор неизвестных параметров.

## 6. Результаты тестирования гипотез

### *Взаимовлияние волатильности рынка США и мировых фондовых рынков*

В табл. 1 представлены оцененные эффекты перетекания волатильности на американском и мировых фондовых рынках.

Таблица 1

**Эффекты перетекания волатильности между американским и мировыми фондовыми рынками**

Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.	Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.
S&P500 → WIG	55,51%***	0,00	WIG → S&P500	21,55%	0,46
S&P500 → Bovespa	46,02%***	0,00	Bovespa → S&P500	6,97%	0,97
S&P500 → SAX	45,93%***	0,00	SAX → S&P500	0,68%	0,96
S&P500 → RTSI	44,05%***	0,00	RTSI → S&P500	6,86%	0,91
S&P500 → KOSPI	43,55%***	0,00	KOSPI → S&P500	25,37%	0,55
S&P500 → BSE100	42,85%***	0,00	BSE100 → S&P500	20,29%	0,75
S&P500 → TSEC	41,75%***	0,00	TSEC → S&P500	10,39%	0,45
S&P500 → ATX	40,6%***	0,00	ATX → S&P500	3,98%	0,87
S&P500 → AEX	38,61%***	0,00	AEX → S&P500	5,24%	0,64
S&P500 → Hang Seng	37,92%***	0,00	Hang Seng → S&P500	15,02%	0,74
S&P500 → OMX	36,75%***	0,00	OMX → S&P500	39,54%	0,19
S&P500 → PXI	33,6%***	0,00	PXI → S&P500	16,63%	0,57
S&P500 → ASE	30,72%***	0,00	ASE → S&P500	0,02%	1,00
S&P500 → SMI	27,53%***	0,00	SMI → S&P500	4,83%	0,81
S&P500 → FTSE100	25,78%***	0,00	FTSE100 → S&P500	21,23%**	0,04

Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.	Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.
S&P500 → Nikkei225	23,98%***	0,00	Nikkei225 → S&P500	24,72%**	0,03
S&P500 → CAC40	22,3%***	0,00	CAC40 → S&P500	12,23%*	0,05
S&P500 → DAX	18,4%***	0,00	DAX → S&P500	7,02%	0,85

\* — параметры значимы при 10% уровне значимости; \*\* — параметры значимы при 5% уровне значимости; \*\*\* — параметры значимы при 1% уровне значимости.

*Тезис «Американский рынок — источник волатильности для мировых фондовых рынков» полностью подтверждается.*

Все рассмотренные авторами статьи рынки подвержены влиянию S&P500. Это доказывает истинность сделанных ранее в научных работах выводов, что американский рынок самый влиятельный. Наибольший эффект перетекания волатильности с американского рынка приходится на Польшу (55,51%), а наименьший — на Германию (18,4%), что отчасти может свидетельствовать в пользу относительной независимости немецкого DAX. Российский фондовый рынок демонстрирует одну из наиболее сильных зависимостей от динамики S&P500 (44,05%), уступая только Польше (55,51%) и Словакии (45,93%). В азиатском регионе наиболее чувствителен к волатильности американского рынка корейский KOSPI (43,55%). Бразильский Ibovespa (42,85%) и индийский BSE100 (46,02%) в равной мере зависят от поведения американского рынка, как и развивающиеся европейские рынки. Рынки Великобритании, Японии и Центральной и Южной Европы менее подвержены влиянию американского рынка, их можно охарактеризовать как относительно независимые.

*Тезис «Только развитые рынки демонстрируют влияние на американский рынок» полностью подтверждается.*

Обратные эффекты перетекания волатильности на рынок США наблюдаются с рынков Великобритании, Японии и Франции. Они составляют 21,23%, 24,72% и 12,23% соответственно. Немецкий индекс DAX не влияет на динамику S&P500. Возможно, это объясняется малой капитализацией рынка и отсутствием зависимости между экономическим положением страны и эффектами перетекания волатильности между фондовыми рынками. Такой же вывод получен и при рассмотрении влияния индекса DAX на развитые

рынки капитала Европы (хотя Германия является наиболее экономически сильной страной, ее фондовый рынок не может рассматриваться как очаг порождения волатильности). Также следует заметить, что ни один развивающийся рынок не демонстрирует влияние на S&P500. Тот факт, что анализируемый в работе период довольно длителен, означает отсутствие и долгосрочного влияния развивающихся рынков на экономику США. Предположительно, это связано с тем, что общая капитализация рынка США в несколько раз превосходит капитализацию любого из развивающихся рынков Европы.

*Тезис «Развитые рынки менее чувствительны к волатильности американского индекса S&P500, нежели развивающиеся» частично подтверждается.*

Данные табл. 1 свидетельствуют, что развивающиеся рынки более чувствительны к волатильности S&P500. Среди развитых рынков наиболее зависит от поведения S&P500 корейский индекс KOSPI (43,55%), а наименее — немецкий DAX (18,4%). Из развивающихся рынков чешский рынок (33,6%) наименее зависим от динамики S&P500, в то время как польский (55,51%) и бразильский (46,02%) наиболее зависимы. Однако не выявляется статистически значимых отличий между развивающимися и развитыми рынками согласно показателю эффекта перетекания волатильности из США, что не позволяет полностью подтвердить данную гипотезу.

### ***Взаимовлияние волатильности на немецком и европейских фондовых рынках***

В табл. 2 представлены эффекты перетекания волатильности на немецком, британском, французском и европейских фондовых рынках.

Таблица 2

#### **Эффекты перетекания волатильности между немецким, британским, французским и европейскими фондовыми рынками**

Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.	Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.
DAX → SAX	34,76%***	0,00	SAX → DAX	1,08%	0,96
DAX → RTSI	33,43%***	0,00	RTSI → DAX	0,78%	0,92
DAX → OMX	30,25%***	0,00	OMX → DAX	6,24%	0,31
DAX → ASE	30%***	0,00	ASE → DAX	8,29%	0,47
DAX → AEX	22,77%***	0,00	AEX → DAX	9,79%	0,46
DAX → WIG	22,35%***	0,00	WIG → DAX	0,20%	0,97



Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.	Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.
DAX → PXI	21,22%***	0,00	PXI → DAX	2,59%	0,79
DAX → ATX	19,14%***	0,00	ATX → DAX	4,81%	0,33
DAX → SMI	16,89%***	0,00	SMI → DAX	11,77%**	0,04
DAX → CAC40	15,77%***	0,00	CAC40 → DAX	15,55%***	0,00
DAX → FTSE100	14,09%***	0,00	FTSE100 → DAX	20,58%**	0,02
FTSE100 → ASE	50,24%***	0,00	ASE → FTSE100	6,22%	0,62
FTSE100 → RTSI	47,86%***	0,00	RTSI → FTSE100	8,12%	0,81
FTSE100 → SAX	41,61%***	0,00	SAX → FTSE100	11,27%	0,54
FTSE100 → WIG	36,45%***	0,00	WIG → FTSE100	5,84%	0,79
FTSE100 → OMX	32,66%***	0,00	OMX → FTSE100	16,96%	0,82
FTSE100 → AEX	28,95%***	0,00	AEX → FTSE100	23,45%	0,15
FTSE100 → PXI	28,50%***	0,00	PXI → FTSE100	5,02%	0,61
FTSE100 → ATX	19,15%***	0,00	ATX → FTSE100	16,52%	0,76
FTSE100 → SMI	16,37%***	0,00	SMI → FTSE100	28,08%	0,24
FTSE100 → CAC40	14,93%***	0,00	CAC40 → FTSE100	11,29%	0,35
CAC40 → WIG	27,91%***	0,00	WIG → CAC40	5,40%	0,61
CAC40 → SAX	26,03%***	0,00	SAX → CAC40	16,17%	0,15
CAC40 → ASE	24,33%***	0,00	ASE → CAC40	1,99%	0,80
CAC40 → RTSI	23,83%***	0,00	RTSI → CAC40	0,33%	0,97
CAC40 → OMX	21,55%***	0,00	OMX → CAC40	11,00%	0,13
CAC40 → PXI	20,29%***	0,00	PXI → CAC40	6,74%	0,26
CAC40 → AEX	18,55%***	0,00	AEX → CAC40	20,69%	0,37
CAC40 → SMI	17,55%***	0,00	SMI → CAC40	8,82%**	0,01
CAC40 → ATX	17,00%***	0,00	ATX → CAC40	3,07%	0,72

\* — параметры значимы при 10% уровне значимости; \*\* — параметры значимы при 5% уровне значимости; \*\*\* — параметры значимы при 1% уровне значимости.

*Тезис «Все европейские рынки подвержены влиянию волатильности немецкого, французского, и британского индексов» полностью подтверждается.*

Все рассмотренные европейские рынки подвержены влиянию волатильности немецкого DAX, британского FTSE100 и французского CAC40. Это доказывает, что они — источники волатильности в европейском регионе. Наименьший эффект перетекания волатильности DAX наблюдается на Великобританию (14,09%), а наибольший — на Словакию (34,76%). FTSE100 имеет наибольшее влияние на греческий ASE (50,24%), а наименьшее — на французский CAC40 (14,93%). В свою очередь волатильность французского индекса сильнее всего отражается на польском рынке (27,91%) и слабее всего — на австрийском (17%).

В целом эффекты перетекания волатильности из Великобритании больше, чем из Германии и Франции в те же страны. Что касается взаимосвязей французского и немецкого рынков с другими европейскими биржами, то можно заметить, что влияние DAX превосходит влияние CAC40 по всем направлениям, кроме польского (эффект перетекания волатильности в эту страну из Франции составляет 27,91% против 22,35% из Великобритании). Это подтверждает, что в парах указанных трех индексов FTSE100 имеет наибольшее влияние на два других (эффекты перетекания волатильности — 20,58% и 14,93% на немецкий и французский индексы соответственно), DAX имеет немного более сильное влияние на CAC40. Обратное влияние не такое значимое (эффект перетекания волатильности из Германии во Францию — 15,77% против 15,55% в обратную сторону). Значит, в долгосрочной перспективе британский индекс может рассматриваться как эпицентр волатильности для остальных европейских рынков.

Также следует отметить, что именно английский FTSE100 может поспорить с американским S&P500 за влияние в европейском регионе. На большинство европейских рынков американский рынок влияет сильнее, однако Греция и Россия сильнее подвержены волатильности британского индекса (эффекты перетекания волатильности с FTSE100 — 50,24% и 47,86% соответственно).

В целом результаты подтверждают гипотезу, что чем больше общая капитализация рынка, тем более сильные эффекты перетекания волатильности на другие рынки имеют место.

*Тезис «Эффекты перетекания волатильности с немецкого, французского и британского рынков в развитые рынки слабее, нежели в развивающиеся рынки» частично подтверждается.*

Из развивающихся рынков наиболее подвержены влиянию волатильности немецкого DAX словацкий и российский рынки (эффекты перетекания 34,76% и 33,43% соответственно), FTSE100 —

российский (47,86%) и словацкий (41,61%) рынки, а французского CAC40 — польский (27,91%) и словацкий (26,03%) рынки. Чешский рынок — еще один представитель развивающихся стран Европы, демонстрирует примерно ту же зависимость от немецкого (22,35%), английского (28,5%) и французского (20,29%) индексов, что и развитые рынки.

Однако выявляются относительно низко чувствительные рынки к волатильности рынков Германии, Великобритании и Франции. Так, эффекты перетекания волатильности из Германии в Великобританию, Францию и Швейцарию составляют 14,09%, 15,77% и 16,89% соответственно, что в два раза меньше, чем те же показатели по отношению к рынкам России и Словакии. Также английский FTSE100 намного слабее влияет на рынки Австрии, Швейцарии и Франции (эффекты перетекания волатильности составляют 19,15%, 16,37% и 14,93% соответственно). В случае с CAC40 эта разница не так велика между развитыми и развивающимися рынками, однако она заметна: эффекты перетекания из Франции в Швейцарию, Австрию и Германию — 17,55%, 17% и 15,55% соответственно.

*Тезис «Только развитые фондовые рынки Европы влияют на немецкий, британский и французский рынок» полностью подтверждается.*

Немецкий фондовый рынок подвержен влиянию волатильности развитых европейских рынков, а именно Великобритании, Швейцарии и Франции. Эффекты перетекания волатильности с этих рынков составляют 20,58%, 11,77% и 15,55%. Стоит отметить, что эффект перетекания волатильности с рынка Великобритании на рынок Германии превышает эффект в противоположном направлении. Это говорит о том, что последний рынок более чувствителен к динамике первого, а не наоборот. Таким образом, немецкий рынок хоть и является источником волатильности в Европе, занимает не лидирующую позицию. Другие развитые рынки (Австрия, Голландия, Греция и Швеция) не оказывают никакого влияния на волатильность немецкого индекса.

Британский рынок, напротив, стоит признать основным локальным источником волатильности в Европе: из развитых рынков на него влияет только Германия (14,09%), в то время как рынки Франции, Швейцарии, Австрии и других стран Европы не оказывают никакого значимого влияния.

Французский CAC40 подвержен влиянию волатильности немецкого (15,77%), британского (14,93%) и швейцарского (8,82%) рынков. Стоит отметить, что немецкий DAX влияет на французский CAC40 сильнее, нежели британский FTSE100, что, возможно, связано с большей интеграцией Германии с Францией, вытекающей из наличия единой валюты. Остальные развитые рынки Европы не оказывают значимого воздействия на волатильность французского индекса.

**Влияние волатильности российского и польского рынков на рынки Северной и Восточной Европы**

В табл. 3 представлены эффекты перетекания волатильности на российском, польском и рынках Северной и Восточной Европы.

Таблица 3

**Эффекты перетекания волатильности между российским, польским и рынками Северной и Восточной Европы**

Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.	Направление влияния	Эффект перетекания волатильности	P-знач.
RTSI → PFTS	20,45%***	0,00	PFTS → RTSI	1,77%	0,88
RTSI → PXI	17,94%**	0,01	PXI → RTSI	13,13%**	0,02
RTSI → BET	14,87%**	0,03	BET → RTSI	13,22%	0,30
RTSI → SOFIX	13,91%**	0,02	SOFIX → RTSI	6,68%	0,91
RTSI → TALSE	13,51%***	0,00	TALSE → RTSI	6,83%	0,54
RTSI → WIG	13,44%***	0,00	WIG → RTSI	6,09%	0,20
RTSI → BUX	12,47%***	0,00	BUX → RTSI	6,05%	0,60
RTSI → VILSE	12,4%**	0,04	VILSE → RTSI	0,90%	0,87
RTSI → SAX	11,61%**	0,01	SAX → RTSI	0,07%	1,00
RTSI → RIGSE	9,22%**	0,01	RIGSE → RTSI	0,07%	0,99
RTSI → WIG	13,44%***	0,00	WIG → RTSI	6,09%	0,20
WIG → PFTS	17,14%*	0,05	PFTS → WIG	3,97%	0,88
WIG → BET	13,97%***	0,00	BET → WIG	5,89%	0,71
WIG → BUX	10,13%***	0,00	BUX → WIG	4,04%	0,70
WIG → TALSE	10,03%	0,14	TALSE → WIG	3,42%	0,57
WIG → SOFIX	9,94%	0,32	SOFIX → WIG	2,56%	0,92
WIG → SAX	9,1%**	0,01	SAX → WIG	2,11%	0,97
WIG → PXI	8,42%**	0,01	PXI → WIG	2,62%	0,74
WIG → RIGSE	8,41%**	0,02	RIGSE → WIG	4,48%	0,94
WIG → VILSE	7,83%	0,28	VILSE → WIG	4,85%	0,88

\* — параметры значимы при 10% уровне значимости; \*\* — параметры значимы при 5% уровне значимости; \*\*\* — параметры значимы при 1% уровне значимости.

*Тезис «Наблюдаются статистически значимые эффекты перетекания волатильности с российского и польского рынков на рынки стран Восточной и Северной Европы» частично подтверждается.*

Согласно табл. 3, российский индекс влияет на динамику всех рассмотренных индексов Восточной и Северной Европы, но нет статистически значимого влияния польского индекса на рынки Эстонии, Болгарии, Литвы и России. Наибольший эффект перетекания волатильности Россия оказывает на рынок Украины (20,45%), а наименьший — на рынок Латвии (9,22%). Чешский рынок является единственным, который оказывает обратное влияние на российский RTSI (13,33%). Наименьший и наибольший эффект перетекания волатильности польский WIG оказывает на рынок Латвии (8,41%) и Украины (17,14%). Эффекты перетекания волатильности в рамках Восточной и Северной Европы (российский и польский рынки рассматриваются как очаги волатильности) несравнимо ниже по сравнению с эффектами перетекания волатильности с рынков США и Германии. Однако наличие статистически значимого взаимовлияния волатильностей в этом регионе со стороны России и Польши не должно игнорироваться.

*Тезис «Эффекты перетекания волатильности из России на рынки Восточной и Северной Европы превышают эффекты перетекания эффектов перетекания волатильности из Польши» полностью подтверждается.*

Эффект перетекания волатильности с российского рынка (RTSI) превышает данный эффект с фондового рынка Польши по всем рассматриваемым направлениям (рынкам). Более того, польский рынок не оказывает влияния на ряд рынков Восточной и Северной Европы. Также стоит отметить, что польский рынок подвержен влиянию волатильности российского RTSI (13,44%). Это в совокупности с предшествующими заключениями доказывает, что Россия как страна с наибольшей рыночной капитализацией в Восточной Европе имеет более сильное влияние на рынки Восточной и Северной Европы в целом и в частности.

## **7. Выводы**

В работе были проанализированы количественные взаимосвязи между фондовыми рынками трех географических регионов (Европы, Азии и Америки) с выделением мировых финансовых центров и крупнейших фондовых бирж. Эффекты перетекания волатильности между фондовыми индексами рассматриваемых рынков оценивались с помощью двумерной DCC-GARCH (Dynamic Conditional Correlation — Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) модели на отрезке с января 1995 г. по декабрь

2011 г. В ходе анализа было проверено несколько гипотез относительно эффектов перетекания волатильности и их направления.

Результаты работы свидетельствуют, что американский рынок является источником волатильности для мировых рынков, а немецкий, британский и французский рынки — для европейских фондовых рынков. Все четыре рынка оказывают большее влияние на развивающиеся рынки капитала, нежели на развитые. Доказано, что только развитые фондовые рынки порождают эффекты перетекания волатильности на рынок США. Эффекты перетекания волатильности выявлены с рынков Великобритании, Франции и Японии на рынок США; с рынков США, Швейцарии, Великобритании и Франции — на рынок Германии; с рынков США и Германии — на рынок Великобритании; с рынков США, Германии, Великобритании и Швейцарии — на рынок Франции. Обнаружено, что эффекты перетекания волатильности с российского фондового индекса на рынки Восточной и Северной Европы превосходят исходящие из Польши, что соответствует соотношению рыночных капитализаций этих рынков.

Представленные в статье данные относительно влияния рынка США и взаимосвязей развитых и развивающихся рынков капитала подтверждают большинство выводов, которые были получены в предыдущих исследованиях по указанной тематике, и дополняют их сведениями посткризисного периода, включенными в выборку. Новые выводы, касающиеся взаимозависимостей между рынками Восточной и Северной Европы, проливают свет на взаимосвязи в этом регионе, так как ранее им не уделялось должного внимания.

Результаты изложенного здесь исследования могут быть использованы различными финансовыми организациями в целях диверсификации международного портфеля активов, хеджирования потенциальных рисков, анализа рыночных взаимосвязей и понимания глобальной макроэкономической ситуации в мире. Так, в статье «Построение коэффициентов хеджирования для высоколиквидных акций российского рынка на основе моделей класса GARCH» [Асатуров, Теплова, 2014] подробно описано, как подобная модель может быть использована в практических целях.

Во второй части работы будут разобраны эффекты заражения на основе полученных рядов условной динамической корреляции в каждой паре индексов. Это позволит проанализировать то, как те или иные крупные события за рассматриваемый период времени распространялись между рынками, и, опираясь на результаты первой части работы, выявить, кто был очагом заражения в ходе того или иного экономического шока.

## Список литературы

*Асатуров К.Г., Теплова Т.В., Сухорукова К.А.* Эффект перетекания волатильности на фондовых рынках (часть 1) // Управление финансовыми рисками. 2012. № 3 (31).

*Асатуров К.Г., Теплова Т.В.* Построение коэффициентов хеджирования для высоколиквидных акций российского рынка на основе моделей класса GARCH // Экономика и математические методы. 2014. № 50 (1).

*Becker K., Finnerty J., Friedmam J.* Economic News and Equity Market Linkages between the U.S. and U.K // J. of Banking and Finance. 1995. Vol. 19.

*Bollerslev T., Cai J., Song F.* Intraday Periodicity, Long Memory Volatility, and Macroeconomic Announcement Effects in the US Treasury Bond Market // J. of Empirical Finance. 2000. Vol. 7.

*Caporale M.G., Spagnolo N.* Stock Market Integration between Three CEECs, Russia and the UK // Rev. of International Economics. 2011. Vol. 19 (1).

*Engle R.* Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models // J. of Business and Economic Statistics. 2002. Vol. 20.

*Forbes K.J., Rigobon R.* No Contagion, Only Interdependence: Measuring Stock Market Comovements // The J. of Finance. 2002. Vol. 57.

*Hamao Y., Masulis R., Ng V.* Correlations in Price Changes and Volatility across International Stock Markets // Rev. of Financial Studies. 1990. Vol. 3.

*Hassan S.A., Malik F.* Multivariate GARCH Modeling of Sector Volatility Transmission // The Quaterly Rev. of Economics and Finance. 2007. Vol. 47.

*Jondeau E., Rockinger M.* The Copula-GARCH Model of Conditional Dependencies: An International Stock Market Application // J. of International Money and Finance. 2006. Vol. 25.

*Kaminsky G., Reinhart C.* The Center and the Periphery: The Globalization of Financial Turmoil // NBER Working Paper. 2003. N 9279.

*Kasa K.* Common Stochastic Trends in the International Stock Markets // J. of Monetary Economics. 1992. Vol. 29.

*Koedijk K.C., Campbell R.A.J., Kofman P.* Increased Correlation in Bear Markets // Financial Analysis J. 2002. Vol. 58.

*Lee S.J.* Volatility Spillover Effects among Six Asian Countries // Applied Economics Letters. 2009. Vol. 16.

*Liao A., Williams J.* Volatility Transmission and Changes in Stock Market Interdependence in the European Community // European Rev. of Economics and Finance. 2004. Vol. 3 (3).

*Longin F., Solnik B.* Is the Correlation in International Equity Returns Constant: 1960–1990? // J. of International Money and Finance. 1995. Vol. 14.

*Martens M., Poon S.-H.* Returns Synchronization and Daily Correlation Dynamics between International Stock Markets // J. of Banking & Finance. 2001. Vol. 25.

*Neumark D., Tinsley P.A., Tosini S.* After Hours Stock Prices and Post-Crashes Hangovers // J. of Finance. 1991. Vol. 46.

*Richards A.* Co-movement in National Stock Market Returns: Evidence of Predictability, not Co-integration // J. of Monetary Economics. 1995. Vol. 36.

Ross S.A. Information and Volatility: the No-arbitrage Martingale Approach to Timing and Resolution Irrelevancy // J. of Finance. 1989. Vol. 44.

Saleem K. International Linkage of the Russia Market and the Russian Financial Crisis: A Multivariate GARCH Analysis // Research in International Business and Finance. 2009. Vol. 23.

Sharkasi A., Ruskin H.J., Crane M. Interrelationships among International Stock Market Indices: Europe, Asia and the Americas // International J. of Theoretical and Applied Finance. 2005. Vol. 8 (5).

### **The List of References in Cyrillic Transliterated into Latin Alphabet**

Asaturov K.G., Teplova T.V., Suhorukova K.A. Jeffekt peretekanija volatil'nosti na fondovyh rynkah (chast' 1), *Upravlenie finansovymi riskami*, 2012, N 3 (31).

Asaturov K.G., Teplova T.V. Postroenie koeficientov hedzhirovanija dlja vysokolikvidnyh akcij rossijskogo rynka na osnove modelej klassa GARCH, *Jekonomika i matematicheskie metody*, 2014, N 50 (1).