

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ГЛОБАЛИЗАЦИИ НА ФОНДОВЫЙ РЫНОК РОССИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ГРАФОВ

А. Н. Визгунов

*Национальный исследовательский университет –
Высшая школа экономики в Нижнем Новгороде*

Поступила в редакцию 11.04.2013 г.

Аннотация. Процесс глобализации затрагивает каждого в наши дни, но до сих пор в академических кругах и среди практиков не сложилось четкого определения, что такое глобализация и как можно ее измерить. В статье проводится исследование влияния глобализации фондового рынка России путем построения и анализа графовой модели. В ходе анализа исследуется размер и состав максимальных клик построенного графа на протяжении ряда периодов и обосновывается предположение о связи числа акций, входящих в максимальную клику графа на протяжении ряда периодов, и их влияния на рынок, со степенью глобализации рынка.

Ключевые слова: граф рынка, фондовый рынок России, глобализация, максимальная клика.
Annotation. Despite of the fact that the globalization process affects everybody nowadays it is difficult to define and measure the globalization process influence. In the paper we investigate the globalization process influence on the Russian stock market by means of the network analysis. We calculate the size, composition of the maximum cliques and the value of the maximum cliques' stocks during several periods and prove the statement about the relation between these characteristics and the stock market globalization degree.

Keywords: market graph, Russian stock market, globalization, maximum clique.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время трудно предположить более обсуждаемую тему в мире, чем процесс глобализации экономики и влияние глобализации на жизнь каждого конкретного человека и каждой конкретной организации, начиная от небольшого частного предприятия и до таких гигантов как Газпром и Сбербанк России. Несмотря на то, что тема глобализации обсуждается повсеместно, в настоящее время нет общепринятых подходов, которые бы помогли измерить степень глобализации конкретной экономической системы или позволили бы сравнить, какая из экономических систем является более подверженной глобализации.

С учетом сложности описания процесса глобализации в общем виде, мы рассматриваем частный случай проблемы – влияние глобализации на возможности инвестирования в фондовый рынок России. Хотя широкое использование новых информационных технологий дало возможность инвесторам использовать любые

торговые площадки мирового финансового рынка, роль национального фондового рынка для граждан и предприятий России по-прежнему остается высокой. Под процессом глобализации в этом случае можно понимать степень взаимосвязи участников фондового рынка России между собой и между участниками финансовых рынков других стран, что, в свою очередь сводится к согласованному изменению доходностей основных торгуемых активов.

Одним из основных способов математического моделирования экономических систем с большим количеством взаимосвязей внутри системы является применение теории графов. Несмотря на большое количество интересных работ в области построения и анализа экономических сетей, в данной области науки по-прежнему существует много открытых вопросов, что требует переосмысления понимания структуры и динамики развития экономических сетей [9]. Для фондовых рынков в работах [2; 8] было предложено использовать матрицу попарных корреляций как основу для построения сетевой модели. Анализ построенной сетевой модели проводится по-разному разными авто-

рами. Наша статья базируется на модели графа рынка [2]. В рассматриваемой модели каждый торгуемый актив представляет собой вершину графа, а ребро между вершинами проводится в том случае, если корреляция между доходностями соответствующих активов больше или равняется выбранному порогу. Применение модели для рынка США [4; 2; 3], России [10; 11], Швеции [7], Китая [6] показывает универсальность подхода и его большой потенциал. Одним из применений данного подхода является оценка степени глобализации рынка, определяемая размером максимальной клики графа рынка. В работе [1] показано, что при рассмотрении последовательных периодов торгов рынка США наблюдается плавный рост размера максимальной клики, что, по мнению авторов, свидетельствует о нарастающем влиянии глобализации.

Предлагаемая нами модель является модификацией модели графа рынка. С нашей точки зрения, процесс глобализации может быть более точно определен не только как размер максимальной клики построенного графа, а как размер и важность группы акций, часто входящих в максимальную клику на протяжении последовательных периодов наблюдения. Важность активов предлагается оценивать как отношение объема торгов по данному активу к общему объему торгов. Чем большую долю торгов занимает акция, тем более она важна для рынка.

Статья построена следующим образом: во введении обосновывается новизна рассматриваемой темы, приводится обзор литературы по данной теме, первая глава описывает предлагаемую математическую модель, вторая глава содержит информацию о модельных данных, используемых для анализа, третья глава посвящена результатам анализа построенной модели фондового рынка России с точки зрения влияния процесса глобализации, в заключении сформулированы основные выводы.

2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ГЛОБАЛИЗАЦИИ НА ФОНДОВЫЙ РЫНОК РОССИИ

Основным предметом рассмотрения данной статьи является фондовый рынок России. Важность фондового рынка для экономики страны тяжело переоценить. Фондовый рынок давно превратился в повсеместно используемый инструмент, предоставляющий услуги по инвести-

рованию средств заинтересованных лиц и организаций в перспективные и успешные акционерные общества, нуждающиеся в средствах для развития своей деятельности. Фондовый рынок также активно используется в спекулятивных целях, но его изначальное предназначение для сведения вместе инвесторов и предпринимателей остается основным.

Теория Марковица для формирования портфеля инвестора долгое время остается основной теорией, позволяющей инвестору построить портфель из ценных бумаг, соответствующий его представлениям о риске и доходности. Одной из важных черт построения портфеля является зависимость изменения цен различных акций. Предполагается, что движение цен акций является случайным и к анализу движения цен могут быть применены основные положения математической статистики, и, в частности, рассчитаны попарные корреляции доходностей акций. Портфель, доходности акций которого движутся в разных направлениях, является диверсифицированным и позволяет инвестору получать доход даже в случае падения цены каких-либо акций портфеля.

С нашей точки зрения, возможность диверсифицировать портфель является свойством рынка, в малой степени подверженного процессу глобализации. Обратная ситуация возникает, когда тяжело найти акции, доходности которых зависят друг от друга в малой степени или имеют отрицательные корреляции. На рынках, сильно подверженных глобализации, затруднено получение дохода портфельным инвестором в случае негативного тренда рынка. В свою очередь тренд рынка в меньшей степени зависит от локального рынка и в большей степени зависит от общемировых тенденций. Местные регуляторы на уровне страны могут пытаться изменить тренд, но их возможностей не хватает в случае серьезных изменений мировой конъюнктуры.

Фондовый рынок генерирует огромное количество информации, которое ни один человек не может охватить полностью, тем более сделать это в короткое время. Современный анализ фондового рынка предлагает ряд инструментов, которые позволяют отслеживать основные тенденции и принимать взвешенные решения по инвестированию средств или продаже активов за короткое время. К таким инструментам относятся индексы, списки наиболее выросших и

наиболее снизившихся акций, а также всевозможные индикаторы рынка, используемые, чаще в техническом анализе. Основным недостатком рассмотренных средств является то, что они включают только ограниченный набор информации, игнорируя всю остальную и решение о том, какая информация включается в рассмотрение, принимается в момент создания инструмента (например, в момент решения о том, какие акции будут представлены в индексе). Состав индекса пересматривается на регулярной основе, что позволяет поддерживать самые важные акции в составе базы индекса, но этот пересмотр имеет ряд недостатков. Во-первых, пересмотр осуществляется дискретно, раз в несколько месяцев, а во-вторых, представляет формализованную процедуру без возможности внесения структурных изменений, что не позволяет осуществлять гибкую процедуру анализа, необходимую для бизнесменов, регуляторов и, тем более, научного сообщества.

Методы построения и анализа сети рынка, предложенные в последнее время, лишены названных недостатков. В зависимости от потребностей конкретного исследования может быть построена сеть и осуществлена фильтрация данных из построенной сети. Наиболее развитыми моделями построения и фильтрации сети фондового рынка в настоящее время является модель рынка, описанная в работе [8] и модель графа рынка, предложенная в работе [2]. Для основы анализа данных в настоящей работе выбран подход, описанный в работе [2]. В соответствии с этим подходом сеть фондового рынка строится исходя из попарных коэффициентов корреляции между доходностями рассматриваемых ценных бумаг.

Коэффициент корреляции доходностей определяется по формуле

$$c_{ij} = \frac{E(R_i R_j) - E(R_i)E(R_j)}{\sqrt{\text{var}(R_i)\text{var}(R_j)}}$$

где $R_i(t) = \ln\left(\frac{P_i(t)}{P_i(t-1)}\right)$ определяет доходность ценной бумаги i за однодневный период, $E(R_i) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n R_i(t)$ определяет среднюю доходность ценной бумаги i за n дней, $\text{var}(R_i) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (R_i(t) - E(R_i))^2$ определяет дисперсию доходности ценной бумаги i за n дней.

Полученная матрица рассматривается как матрица смежности взвешенного графа. Так как по главной диагонали построенной матрицы всегда стоят единицы, то построенный граф содержит петли. Поскольку корреляция доходности акции с самой собой не несет содержательной информации в нашей модели, мы исключаем петли из рассмотрения. Далее нужно выбрать порог, после чего в графе нужно оставить только те ребра, значения которых превышают заданный порог. Для нашего анализа мы выбираем значение порога достаточно большим, чтобы наличие ребра в графе отражало значительную степень связи между активами.

Модификация предложенного Пардалосом подхода позволяет оценивать различные характеристики, в том числе, в данной статье этот подход модифицируется для оценки степени глобализации фондового рынка России. С нашей точки зрения, усиление влияния процесса глобализации эквивалентно увеличению влияния тесно связанной группы активов. В крайних случаях мы имеем следующие искусственные примеры. Если активы не связаны между собой, то степень глобализации оказывается нулевой. Если все активы связаны между собой или активы, связанные между собой, оказывают огромное влияние на рынок, то степень глобализации рынка высокая.

Как под связанностью, так и под влиянием на рынок можно подразумевать различные вещи. Мы исследуем случай, когда под связью между активами мы подразумеваем значение корреляции между доходностями этих активов, а под степенью влияния на рынок – объем торгов по данной ценной бумаге в процентах к объему торгов по всем ценным бумагам за рассматриваемый период. В нашем случае модификация графа рынка будет заключаться в добавлении весов к вершинам графа. В качестве веса мы добавляем информацию об объемах торгов данной акцией.

Возвращаясь к вышеприведенным примерам случаев отсутствия влияния глобализации и полной глобализации, мы имеем следующую интерпретацию: если цены не зависят друг от друга, что, в свою очередь позволяет сформировать портфель с высокой степенью диверсификации, то степень глобализации мала. Если цены на все активы двигаются очень похоже друг на друга, или если цены на ликвидные ценные бумаги (ценные бумаг, объем продаж

которых составляет большую долю от продаж по всему рынку) двигаются одинаково, то рынок можно охарактеризовать как рынок с сильным влиянием глобализации.

Для определения степени глобализации построенного графа рынка мы предлагаем использовать шаблон клики (полного подграфа). С учетом целей и способов построения рассматриваемого графа интересными являются следующие случаи:

- размер максимальных по размеру клик;
- влияние на рынок акций, входящих в максимальную клику;
- стабильность состава максимальных клик на протяжении ряда периодов.

Рынок можно назвать подверженным глобализации, если состав максимальной по размеру клики, то есть множества акций, доходности которых движутся однонаправленно, стабилен и суммарный вес (объем торгов) элементов клики является большим. Возможности диверсификации на таком рынке весьма ограничены. В противоположном случае, например, если состав максимальной клики нестабилен, или вес максимальной клики не является определяющим для рынка, можно говорить о малой централизации рынка. Наш анализ показывает, что фондовый рынок России является сильно централизованным.

3. МОДЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ И АЛГОРИТМЫ РАСЧЕТА

Двумя крупнейшими биржами России до последнего времени являлись ММВБ и РТС. В 2011 годы эти две биржи объединились в одну. ММВБ, основанная в 1992 году, является главной в России площадкой валютных торгов и центром ликвидности и ценообразования на российские активы. По совокупному обороту торгов ММВБ входит в “двадцатку” крупнейших бирж мира. Созданная в 1995 году Фондовая биржа РТС активно развивала рынок производных финансовых инструментов, став в этом сегменте абсолютным лидером в Восточной Европе и войдя в ТОП-10 крупнейших мировых срочных рынков. Суммарный объем торгов двух бирж по итогам 2011 года достиг рекордных 10,1 трлн долларов США или 297,9 трлн рублей. (О ММВБ-РТС, электронный ресурс, <http://rts.micex.ru/s10>, дата обращения 14 марта 2012 г.).

В настоящей работе приведены результаты анализа по акциям, торгующимся на бирже

ММВБ, за период с 1 сентября 2007 года по 16 сентября 2011, что составляет 1000 торговых дней для основного режима торгов ММВБ. Данные об акциях были взяты из архивов торгов биржи ММВБ (Архив торгов, электронный ресурс, <http://www.micex.ru/marketdata/archive>, дата обращения 14 марта 2012).

Анализ данных по проводимым торгам показал, что совсем небольшое количество ценных бумаг имеют хорошую историю торгов. В результате экспериментов с данными нами были отобраны 177 акций из более 1000 торгующихся на ММВБ в настоящий момент (Описание торгуемых бумаг и инструментов: Акции ФР, электронный ресурс, http://www.micex.ru/iss/downloads/securitygroups/stock_shares/collections/stock_shares_all/securities_stock_shares.csv.zip, дата обращения 14 марта 2012). Критерии отбора следующие: ценная бумага должна торговаться на рынке в настоящий момент (мы не рассматриваем ценные бумаги, которые ушли с рынка), количество торговых дней, в которые были сделки по данной ценной бумаге, должно превышать 600 из рассматриваемых 1000 торговых дней.

Узость рынка на протяжении рассматриваемого периода подтверждает и то, что объем фондового рынка России определяют в основном несколько ценных бумаг с большими оборотами. Первые 10 акций и их суммарные за рассматриваемый период обороты по рассматриваемым режимам торгов приведены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что первые 10 ценных бумаг составляют 90 процентов оборота рынка. Суммарный оборот акций, не вошедших в таблицу составляет 10 процентов, вклад каждой ценной бумаги – менее одного процента.

Таблица 1
Акции ММВБ с наибольшим оборотом

#	Описание ценной бумаги	Обороты в процентах
1	ОАО Сбербанк России	27.5
2	ОАО Газпром	26.3
3	ОАО ГМК Норильский Никель	9.8
4	ОАО НК Лукойл	8.8
5	ОАО НК Роснефть	5.3
6	ОАО Банк ВТБ	4.9
7	ОАО Сбербанк России прив. акция	3.5
8	ОАО Сургутнефтегаз	2.2
9	ОАО РусГидро	1.1
10	ОАО Северсталь	1

Для корректного расчета корреляций мы сглаживали данные по ценам для тех дней, в которые не было реальных сделок. В случае отсутствия сделок в конкретный торговый день считалось, что цена акции остается прежней. Если размещение акций происходило после начала рассматриваемого периода, то предполагалось, что цена акции в период, предшествующий размещению, была равна цене акции в день первых торгов. Объем торгов для дней, когда по ценной бумаге не проходило сделок, считался равным нулю.

Чтобы выявить динамику изменения характеристик рынка мы рассмотрели 11 пересекающихся интервалов по 500 торговых дней. Интервалы рассмотрения приведены в таблице 2.

Таблица 2

Интервалы рассмотрения

№ периода	Дата начала периода	Дата окончания периода
1	01.09.2007	11.09.2009
2	13.11.2007	23.11.2009
3	31.01.2008	09.02.2010
4	14.04.2008	22.04.2010
5	27.06.2008	06.07.2010
6	05.09.2008	14.09.2010
7	21.11.2008	24.11.2010
8	09.02.2009	11.02.2011
9	22.04.2009	26.04.2011
10	06.07.2009	08.07.2011
11	14.09.2009	16.09.2011

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЧИСЛЕННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Важным шагом построения графа рынка является выбор порога. Для России интересны-

ми для анализа значениями порога являются пороги от 0,5 до 0,7 [11]. В случае увеличения значения порога граф рынка перестает быть связным, в случае уменьшения значения порога граф становится очень плотным и анализ размера и состава клик перестает быть содержательным.

С помощью алгоритмов, описанных в работах [4; 5] нами были вычислены все максимальные клики для каждого из периодов наблюдений. Размер максимальной клики, количество максимальных клик, а также количество ценных бумаг в объединении всех максимальных клик для графа рынка, построенного для порога 0,5, приведено в таблице 3.

Данные в таблице 3 показывают рост размера максимальной клики в течение первых 6 периодов, что согласуется с данными, полученными авторами работы [1] для рынка США – размер максимальной клики плавно растет, что свидетельствует о росте глобализации. Тенденция сохраняется также и для других порогов, позволяющих получить содержательные результаты. Начиная с периода 7, размер клики перестает демонстрировать рост и начинает меняться хаотично. Если рассматривать в качестве характеристики процесса глобализации только рост размера максимальной клики, то получается, что влияния глобализации на рынок России в периоды с 7 по 11 нет. Однако данный вывод неверен. Для объяснения отсутствия роста размера максимальной клики во время последних 5 периодов достаточно обратить внимание на время рассматриваемых периодов. В работе [1] рассматриваются годы стабильного развития мировой экономики и экономики США в частности, вывод о росте

Таблица 3

Данные по максимальным кликам для значения порога 0,5

Период	Количество максимальных клик	Размер максимальной клики	Размер объединения максимальных клик
1	2	19	21
2	3	19	22
3	1	19	19
4	8	19	27
5	3	22	25
6	2	22	23
7	4	15	17
8	3	16	18
9	1	16	16
10	3	14	16
11	9	14	19

размера максимальной клики как индикатора усиления процесса глобализации сделан в условиях стабильного развития экономики и фондового рынка. В рассматриваемые нами первые 6 периодов входит 2008 год – год наибольшего влияния глобального экономического кризиса. Глобальный экономический кризис существенно влияет на все характеристики фондового рынка, а, следовательно, и на характеристики построенного графа рынка. В условиях наступления или ослабления кризиса стабильность тенденций развития рынка нарушается, что мы и наблюдаем для последних 5 рассматриваемых периодов. Для рынка России в периоды, соседствующие с периодом кризиса нужны другие характеристики, описывающие процесс глобализации.

В качестве такой характеристики предлагается исследовать влияние на рынок акций, которые входят в состав максимальной клики в течение большого количества периодов. Наши расчеты показывают, что в течение всех 11 рассматриваемых периодов в максимальную клику входят акции следующих эмитентов: Северсталь, Газпром, Лукойл, Мобильные ТелеСистемы, Роснефть, Сбербанк России, Газпром нефть, Сургутнефтегаз, Татнефть, ВТБ банк. Ценные бумаги НЛМК и Новатэка входят в максимальную клику в 10 периодах, привилегированные акции Суругтнефтегаза – в 9, акции Норильского Никеля, привилегированные акции Татнефти – в 8. Большинство акций, часто входящих в максимальную клику, являются наиболее ликвидными ценными бумагами рынка России (см. таблицу 1). Эмитенты этих ценных бумаг относятся к нефтегазовой отрасли, добывающей отрасли, а также банковскому сектору.

Акции, входящие в почти все периоды рассмотрения в какую-либо максимальную клику, образуют один большой кластер. Все максимальные клики в каждом периоде имеют большое пересечение, не существует двух максимальных клик без общих элементов (см. таблицу 3, данные по количеству максимальных клик и размеру объединения максимальных клик). Наличие такого кластера тесно связанных ценных бумаг и его большое влияние (акции, входящие в кластер, формируют более половины всех сделок фондового рынка) позволяет говорить о высокой степени глобализации рынка России. В общем случае, чем большее количество ценных бумаг входят в такой кластер, тем

меньше возможностей для диверсификации портфеля имеют инвесторы и тем больше зависимость рынка от глобальных тенденций.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проделанная работа позволяет сделать следующие основные выводы:

Размер максимальной клики графа рынка позволяет оценить степень глобализации рынка в условиях устойчивой экономической ситуации, но не работает в условиях посткризисного периода. В условиях экономической нестабильности процесс глобализации может быть измерен как размер и влияние множества акций, входящих в максимальную клику построенного графа на протяжении ряда рассматриваемых периодов.

Российский рынок в периоды, захватывающие глобальный мировой кризис, демонстрирует рост размера максимальной клики, и, соответственно, рост влияния процесса глобализации подобно рынку США.

Во все рассматриваемые периоды фондовый рынок России сильно подвержен процессу глобализации, так как существует стабильный набор тесно связанных между собой ценных бумаг, объемы продаж по которым превышает половину всех продаж на фондовом рынке России.

В состав определяющего набора ценных бумаг России входят, в основном, акции компаний нефтегазовой отрасли, добывающей отрасли, а также банки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Boginski V., Butenko S. and Pardalos P.M.*. Mining market data: A network approach. *Computers & Operations Research*, pp. 3171–3184, 2006.
2. *Boginski V., Butenko S. and Pardalos P.M.*. On structural properties of the market graph. A. Nagurney, ed. *Innovations in financial and economic networks*. Edward Elgar Publishing, pp. 29–45, 2003.
3. *Boginski, V., Butenko S. and Pardalos P.M.*. Statistical analysis of financial networks. *Computational statistics & data analysis*, Vol. 48, pp. 431–443, 2005.
4. *Bron C., Kerbosh J.*, Algorithm 457 — Finding all cliques of an undirected graph, *Comm. of ACM*, 16, pp. 575–577, 1973.
5. *Carragan R., Pardalos P.M.*. An exact algorithm for the maximum clique problem. // *Operations Research Letters*, Vol. 9, pp 375–382, 1990.
6. *Huang W-Q., Zhuang X-T., Shuang Y.*. A network analysis of the Chinese stock market. // *Physica A*, 388, 2956–2964, 2009.
7. *Jallo D., Budai D., Boginski V., Goldengorin B., Pardalos P.M.* Network-Based Representation of Stock

Market Dynamics: An Application to American and Swedish Stock Markets. In *Models, Algorithms, and Technologies for Network Analysis* (Goldengorin. B; Kalyagin V., Pardalos P. Editors.), Springer Proceedings in Mathematics & Statistics, Vol. 32, pp. 91–98, 2012.

8. *Mantegna R.N., Stanley H.E.* An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.

9. Schweitzer et al., *Economic Networks: the new challenges.* Science, volume 325, 2009.

Визгунов Арсений Николаевич – доцент кафедры информационных технологий НИУ ВШЭ в Нижнем Новгороде, НИУ ВШЭ в Нижнем Новгороде. E-mail: anvizgunov@hse.ru.

10. *Vizgunov A., Goldengorin B., Kalyagin V., Koldanov A., Koldanov P., Pardalos P.M.* Network approach for the Russian stock market // *Computational Management Science*, accepted on 04-03-2013. DOI: 10.1007/s10287-013-0165-7, 2013.

11. *Визгунов А.Н., Гольденгорин Б.И., Зама-ре-ев В.А., Калягин В.А., Колданов А.П., Колданов П.А., Пардалос П.М.* Применение рыночных графов к анализу фондового рынка. *Журнал новой экономической ассоциации*, № 3, С. 66–81, 2012.

Vizgunov Arsenii Nikolaevich – National Research University Higher School of Economics in Nizhnii Novgorod. E-mail: anvizgunov@hse.ru.