



УДК 339.5

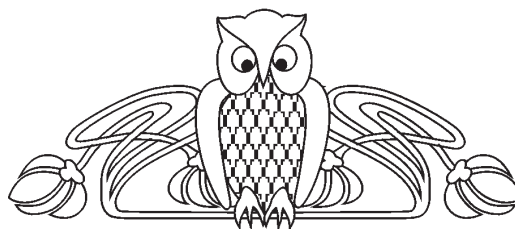
ГРАВИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛИ СТРАН БРИКС

И. С. Троекурова

доктор экономических наук, профессор,
заведующая кафедрой экономической теории,
Саратовская государственная юридическая академия
E-mail: troekurovais@mail.ru

К. А. Пелевина

кандидат экономических наук,
преподаватель кафедры экономической теории,
Саратовская государственная юридическая академия
E-mail: kseniapelevina@yandex.ru



Введение. В статье показано, что основной идеей, стоящей за подходом гравитационной модели торговли, является внешнеторговый оборот, который находится в прямой зависимости от экономического потенциала торгующих стран (ВВП) и в обратной от расстояния между ними. Для моделирования торгово-экономической интеграции использованы гравитационные модели стран БРИКС (Бразилии, России, Индии, Китая и Южной Африки). По мнению авторов статьи, гравитационные модели позволяют получить новую информацию о функционировании ассоциации БРИКС, прежде всего о том, несмотря на предполагаемую схожесть их экономик, которая и послужила поводом для создания этого объединения, закономерности их экспорта и импорта существенно различаются. **Теоретический анализ.** Гравитационные модели определяют зависимость однонаправленного внешнеторгового потока от параметров внутриэкономического состояния как страны-экспортера, так и страны-импортера. Влияние этих факторов оценивается на основе данных о фактических размерах товарооборота между странами с помощью регрессионного анализа. Получаемые параметры гравитационной модели носят характер эластичности и показывают, на сколько процентов может возрасти товарооборот между странами, если соответствующий фактор повысится на 1%. Обычно данная модель представляется либо в степенной, либо в линейно-логарифмической форме. **Выводы.** Опираясь на результаты частичной гравитационной модели, сделан вывод, что в перспективе рост товарооборота между странами БРИКС возможен с учетом роста ВВП этих стран. У стран БРИКС есть значительный потенциал для увеличения взаимных товаропотоков и дальнейшей интеграции в мировую торговлю.

Ключевые слова: страны БРИКС, гравитационная модель, перспективы роста товарооборота.

Введение

Значимое место в международной экономической интеграции занимает внешняя торговля, благодаря которой преодолевается ограниченность ресурсов и узость внутреннего регионального и национального рынка, создается возможность организации массового производства, повышается степень загрузки оборудования, возрастает эффективность внедрения новой техники и технологий, увеличиваются накопления,

темпы экономического роста, более рационально используются ресурсы стран.

Для моделирования торгово-экономической интеграции используем гравитационные модели стран БРИКС (Бразилии, России, Индии, Китая и Южной Африки).

В соответствии с законом всемирного тяготения И. Ньютона сила притяжения тел прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Начиная с середины XX в. в связи с ростом популярности количественных методов в экономической географии была сделана попытка использовать аналог этой формулы для описания потоков товаров и услуг между странами и/или регионами. В дальнейшем, в качестве развития данного подхода, американский экономико-географ У. Айзард попытался применить теорию тяготения А. Эйнштейна, объясняющую притяжение между телами искривлением пространства, для объяснения взаимодействия экономических объектов, расположенных на поверхности Земли.

Основной идеей, стоящей за подходом гравитационной модели торговли, является внешнеторговый оборот, который находится в прямой зависимости от экономического потенциала торгующих стран и в обратной от расстояния между ними. Именно размер экономики определяет спрос и предложение, а расстояние между партнерами важно с точки зрения издержек на торговлю товарами, которые растут с увеличением расстояния между странами.

Теоретический анализ

Существуют различные варианты гравитационных моделей, в которых в качестве переменных используются показатели численности населения, площади стран, протяженности границы, а также фиктивные переменные, отвечающие за социально-политические, климатические и другие различия. Таким образом, гравитационные



модели определяют зависимость однонаправленного внешнеторгового потока от параметров внутриэкономического состояния как страны-экспортера, так и страны-импортера [1, с. 378].

Влияние этих факторов оценивается на основе данных о фактических размерах товарооборота между странами с помощью регрессионного анализа. Получаемые параметры гравитационной модели носят характер эластичности и показывают, на сколько процентов может возрасти товарооборот между странами, если соответствующий фактор повысится на 1%. Обычно данная модель представляется либо в степенной, либо в линейно-логарифмической форме [2, с. 124].

Для моделирования внешней торговли в литературе, как правило, используются модели, основанные на одной из базовых теорий международной торговли, главные из которых:

– модели, основанные на предположениях Армингтона [3]. Предполагается, что каждая страна производит только один товар, и потребители проводят различие между товарами, произведенными в разных странах;

– модель Рикардо [4, р. 7]. Анализ модели Рикардо показывает, что при переходе от закрытой экономики к равновесию с международным обменом товарами цены товаров и факторов меняются ровно в том направлении, чтобы обеспечить специализацию стран на отраслях сравнительного преимущества. Каждая страна увеличивает производство сравнительно дешевого товара за счет сравнительно дорогого, а оптимальный потребительский набор домохозяйства обеспечивается за счет международного обмена: страны экспортируют товары отрасли сравнительного преимущества и импортируют сравнительно дорогие для этой страны товары. При этом выигрыш от торговли и ее масштаб пропорциональны масштабу сравнительного преимущества. При технологиях с постоянной отдачей от масштаба сравнительное преимущество, измеряемое сравнительными издержками, однозначно определяется сравнительной фактороемкостью производств в условиях закрытости стран. Таким образом, торговля между странами и выигрыш стран от торговли тем выше, чем сильнее отличаются страны сравнительными фактороемкостями;

– модели торговли однородными товарами. В плане использования в эмпирических исследованиях данные модели позволяют описывать, главным образом, торговлю экономически менее развитых стран.

1) модели двустороннего демпинга;

2) модели, учитывающие различия в производительности между странами – торговыми партнерами;

– новая теория торговли Кругмана [5, р. 45]. При либерализации торговли вырастает объем производства отдельной фирмы, растут реальная заработная плата и ассортимент товаров, доступных для потребителя. Важный результат модели – возникновение торговли между абсолютно одинаковыми странами, которую можно трактовать как внутриотраслевую, поскольку предположение о функции полезности указывает на свойство близкой замещаемости рассматриваемых в модели товаров.

Для моделирования величины торговых потоков в рамках любой из вышеперечисленных теорий требуется информация о спросе и предложении товаров на рынке каждой страны, причем предложение будет складываться из двух составляющих – внешней и внутренней. Эта задача сама по себе является весьма сложной, так как помимо того, что ее решение требует знаний о предпочтениях потребителей, устройстве рынка, характере конкуренции, взаимозаменяемости местных и импортных товаров, необходимым является знание конечных цен на отечественную и импортную продукцию или хотя бы разницы этих цен на рынке экспортера и импортера. Достаточно распространенным подходом к моделированию в таких условиях является аппроксимация издержек международной торговли (т.е. разницы между внутренними ценами производителей и ценами их продукции на внешних рынках) расстоянием между торгующими между собой странами.

При этом достаточно очевидно, что расстояние между торговыми партнерами является не самым надежным инструментом для моделирования торговых издержек: на формирование конечной цены на рынке сбыта могут влиять особенности прохождения таможи, вид груза, определяющий выбор вида транспорта, тарифная политика транспортных компаний, особенности местной инфраструктуры и т.д. Однако именно расстояние между торгующими странами используется наиболее часто благодаря относительной простоте сбора этих статистических данных.

Для прогнозирования товарных потоков между странами наиболее часто используются гравитационные модели Я. Тинбергена и Х. Линнемана [6, с. 96].

Модель, связывающая объемы торговли двух стран с размерами их экономик и расстоянием между ними, была предложена в работе Я. Тинбергена (1962) и имела следующий вид:

$$\log X_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 \log Y_i + \alpha_2 \log Y_j + \alpha_3 \log D_{ij},$$

где X_{ij} – объем экспорта из страны i в страну j зависит от ВВП страны-экспортера Y_i , который служит прокси-переменной для объема произ-



веденных товаров, который эта страна потенциально может предложить на международный рынок, а также от ВВП страны-импортера Y_j , который характеризует объем ее внутреннего рынка. Кроме того, в гравитационных моделях торговли предполагается, что объем экспорта будет также зависеть от транспортных издержек доставки товара из страны i в страну j . В данном случае в качестве переменной, моделирующей транспортные издержки используется географическое расстояние между торговыми партнерами. Одной из потенциальных областей применения гравитационных моделей внешней торговли является объяснение и прогнозирование объемов торговых потоков.

Модель Х. Линнемана предполагает, что торговля зависит также от политических и культурных факторов, от того, являются ли страны соседями, от наличия ресурсов и др. Этот метод позволяет спрогнозировать потенциальные долгосрочные торговые потоки [7, с. 27; 8, с. 47; 9].

Модель Х. Линнемана имеет более общий вид:

$$X_{ij} = a_0 (Y_i)^{a_1} (Y_j)^{a_2} (N_i)^{a_3} (N_j)^{a_4} (D_{ij})^{a_5} (A_{ij})^{a_6} (P_{ij})^{a_7} + \varepsilon,$$

где X_{ij} – стоимость торгового потока из страны i в страну j ; Y_i, Y_j – показатели, характеризующие номинальные ВВП соответствующих стран, в национальной валюте; D_{ij} – физическая удаленность экономических центров стран i и j , км; N_i, N_j – численность населения в данном государстве; A_{ij} – любой другой фактор, благоприятствующий либо препятствующий торговле (например, наличие границ либо антидемпинговых режимов в одной из стран); P_{ij} – торговые преференции, существующие между государствами (в случае отсутствия преференциальных соглашений $P_{ij} = 1$, в противном случае $P_{ij} = 2$); $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ – коэффициенты эластичности экспорта соответственно от ВВП страны-экспортера, ВВП страны-импортера, численности населения страны i , численности населения страны j , расстояния между странами, любого другого фактора и торговых преференции; a_0 – свободный член уравнения; ε – случайная ошибка.

В рамках данной статьи построены гравитационные модели торговых потоков каждой из стран БРИКС по отношению друг к другу. В качестве показателя размера экономики использованы объемы ВВП стран БРИКС, а в качестве расстояния между экспортером и импортером – расстояние между столицами двух стран как между главными экономическими центрами стран.

Для построения такой модели примем, что:

– поток товаров (экспорт) и/или услуг из страны 1 в страну 2 в год t зависит от ВВП стран

в год t соответственно (поток в денежном выражении, номинальный, как и ВВП, выраженный в долларах США), а также от расстояния d_{12} между столицами стран (в км);

– формула, задающая размер потока, является мультипликативной – все основные элементы объединяются операцией умножения;

– зависимость от каждого из ВВП, а также от расстояния, является степенной;

– с ростом ВВП как первой, так и второй страны поток возрастает;

– с ростом расстояния между странами поток убывает.

Объединяя эти предположения, приходим к следующей модели:

$$F_{12}(t) = A_{12}(t) [Y_1(t)]^{\alpha_1(t)} [Y_2(t)]^{\beta_2(t)} d_{12}^{\gamma_{12}(t)},$$

где $F_{12}(t)$ – поток товаров (экспорт) и/или услуг из страны 1 в страну 2 в год t ; $Y_1(t), Y_2(t)$ – ВВП стран в год t соответственно; $A_{12}(t)$ – аналог гравитационной постоянной γ ; $\alpha_1(t) > 0, \beta_2(t) > 0, \gamma_{12}(t) < 0$ – показатели степенных зависимостей, знаки которых соответствуют сделанным предположениям о направлениях влияния ВВП и расстояния на поток.

В отличие от физического закона, социально-экономический гравитационный закон по своей сути не может быть очень точным, поэтому для учета влияния других факторов, определяющих поток между странами, в приведенную выше формулу необходимо ввести случайное отклонение $\varepsilon_{12}(t)$, также зависящее от времени; для него удобно использовать мультипликативную форму, что приводит к следующему выражению гравитационной модели:

$$F_{12}(t) = A_{12}(t) [Y_1(t)]^{\alpha_1(t)} [Y_2(t)]^{\beta_2(t)} d_{12}^{\gamma_{12}(t)} e^{\varepsilon_{12}(t)},$$

где $F_{12}(t), Y_1(t), Y_2(t), \varepsilon_{12}(t)$ теперь предполагаются случайными последовательностями, при этом математическое ожидание случайного отклонения предположим равным нулю: $M\varepsilon_{12}(t) = 0$.

Кроме этого, на случайную последовательность $\varepsilon_{12}(t)$ впоследствии могут быть наложены дополнительные ограничения (стационарность в широком смысле, некоррелированность ее элементов).

Логарифмирование позволяет преобразовать мультипликативную форму в аддитивную, более удобную для дальнейшего исследования:

$$\ln F_{12}(t) = \ln A_{12}(t) + \alpha_1(t) \ln Y_1(t) + \beta_2(t) \ln Y_2(t) + \gamma_{12}(t) \ln d_{12} + \varepsilon_{12}(t). \quad (1)$$

Построенную гравитационную модель предполагается использовать для анализа экспортно-импортных потоков внутри группы стран БРИКС. Обозначим $N = 5$ – число стран группы.



Эконометрическая модель для группы (в логарифмической форме) стран получается путем непосредственного обобщения модели (1) для двух стран, рассмотренной выше:

$$\ln F_{ij}(t) = a_{ij}(t) + \alpha_i(t) \ln Y_i(t) + \beta_j(t) \ln Y_j(t) + \gamma_{ij}(t) \ln d_{ij} + \varepsilon_{ij}(t), \quad (2)$$

где $a_{ij}(t) = \ln A_{ij}(t)$, $1 \leq i, j \leq N, i \neq j$, и на ряды случайных отклонений необходимо наложить дополнительные условия, помимо $M\varepsilon_{ij}(t) = 0$.

Исходные данные для оценки модели включают:

- данные о номинальном ВВП стран БРИКС за 2005–2014 гг.; данные за последние годы представляют собой прогнозные значения;

- данные об экспорте каждой страны БРИКС в остальные за 2002–2011 гг.;

- данные об импорте каждой страны БРИКС в остальные за 2002–2011 гг.

Общим промежутком данных, по которым может быть оценена модель, является интервал 2005–2011 гг., включающий 7 лет.

Отметим, что изучаемый период включает мировой финансовый кризис 2008–2009 гг.

Проведенный анализ динамики ВВП изучаемых стран (включая прогнозы) показывает, что для всех стран (возможно, за исключением ЮАР) кризис оказывает существенное влияние на динамику ВВП, приводя к замедлению роста.

Для модели (2) вопросы о ее идентифицируемости и ее адекватности тесно взаимосвязаны, поэтому рассмотрим их совместно.

Прежде всего, отметим, что наиболее серьезным препятствием, мешающим идентификации модели (2), является наличие большого количества параметров, зависящих от времени: $a_{ij}(t)$, $\alpha_i(t)$, $\beta_j(t)$, $\gamma_{ij}(t)$.

Одним возможным путем идентификации может быть постулирование постоянства этих коэффициентов для всего изучаемого периода (7 лет) либо для его отдельных частей. В этом случае число подлежащих оценке параметров существенно снижается. С этих же позиций использование оценки модели, полученной на основании данных, включающих качественно различные фрагменты, вряд ли способно дать обоснованный прогноз экспортно-импортных потоков.

Поэтому рассмотрим другой подход к оцениванию модели (2), основанный на изучении «поперечных срезов» данных по времени, т.е.

фрагментов данных, соответствующих отдельным годам: $t = 2005, 2006, \dots, 2011$. Зафиксируем определенный год t из изучаемого промежутка и запишем модель (2), опуская индикацию года для краткости:

$$\ln F_{ij} = a_{ij} + \alpha_i \ln Y_i + \beta_j \ln Y_j + \gamma_{ij} \ln d_{ij} + \varepsilon_{ij}.$$

Для конкретности рассмотрим экспортные потоки. Зафиксируем одну из стран экспортеров, т.е. номер i , и также опустим этот номер из модели:

$$\ln F_j = a_j + \alpha \ln Y + \beta_j \ln Y_j + \gamma_j \ln d_j + \varepsilon_j, \quad 1 \leq j \leq N, j \neq i.$$

Предположим дополнительно, что для четырех стран-контрагентов коэффициенты a_j , β_j , γ_j одинаковы; в результате приходим к модели линейной регрессии:

$$\ln F_j = a + \alpha \ln Y + \beta \ln Y_j + \gamma \ln d_j + \varepsilon_j, \quad 1 \leq j \leq N, j \neq i.$$

В данную модель ВВП страны-экспортера входит уже как константа, следовательно, идентифицировать оба параметра, a и α , не представляется возможным; поэтому обозначим $b = a + \alpha \ln Y$ и перепишем модель:

$$\ln F_j = b + \beta \ln Y_j + \gamma \ln d_j + \varepsilon_j, \quad 1 \leq j \leq N, j \neq i. \quad (3)$$

Предположим, что случайные отклонения ε_j независимы (в совокупности) от $\ln Y_j$ (в совокупности) и гомоскедастичны: $\sigma^2(\varepsilon_j) = \sigma^2$ (предполагать независимость ε_j от удаленностей не требуется, поскольку последние не являются случайными величинами). В этом случае известно, что метод наименьших квадратов дает оптимальные (асимптотически эффективные) оценки параметров модели (воспользоваться асимптотической эффективностью в полной мере не удастся по причине ограниченности числа стран БРИКС).

Поскольку данная модель включает в качестве факторов лишь ВВП стран-контрагентов и их удаленность от выбранной страны-экспортера, назовем модель (3) *частичной гравитационной моделью* (ЧГМ).

Данная модель включает 3 неизвестных параметра, и имеется 4 наблюдения для их оценки; такое соотношение является минимальным для идентифицируемости коэффициентов и дисперсии случайного отклонения при одной степени свободы остатков.

Оценки моделей экспорта для всех комбинаций пяти стран-экспортеров и 7 лет (2005–2011 гг.), полученные с помощью обычного метода наименьших квадратов с использованием статистического пакета R, сведены в табл. 1.



Таблица 1

Оценки частичных гравитационных моделей экспорта и импорта стран БРИКС в 2005–2011 гг.

Страна	Год	Экспорт					Импорт				
		const	GDPL	distL	sigma	R ²	const	GDPL	distL	sigma	R ²
Бразилия	2005	45.396	2.446	-4.997	0.227	0.974	1.269	1.022	0.625	0.524	0.932
	2006	47.471	2.430	-5.240	0.517	0.905	-2.370	0.832	1.162	0.682	0.898
	2007	47.587	2.235	-5.147	0.847	0.780	-1.332	0.927	1.005	0.573	0.937
	2008	41.091	1.875	-4.195	0.988	0.772	-0.885	0.844	1.061	0.447	0.962
	2009	13.567	1.149	-0.695	0.513	0.936	3.022	1.159	0.354	0.530	0.958
	2010	25.909	1.830	-2.542	0.441	0.963	-3.755	0.909	1.296	0.660	0.935
	2011	26.412	1.867	-2.644	0.828	0.888	-8.798	0.722	1.997	0.523	0.959
Россия	2005	11.849	2.498	-1.681	0.335	0.995	-7.608	1.962	0.957	0.062	1.000
	2006	14.144	2.501	-1.971	0.456	0.991	-6.608	2.023	0.797	0.139	0.998
	2007	9.308	2.559	-1.527	0.727	0.980	-6.259	1.916	0.847	0.514	0.976
	2008	14.037	2.026	-1.594	0.688	0.978	-1.665	1.609	0.585	0.717	0.949
	2009	24.471	1.221	-2.103	0.034	1.000	-0.892	1.551	0.507	0.413	0.982
	2010	16.549	1.933	-1.855	0.731	0.974	0.934	1.585	0.272	0.738	0.946
	2011	14.118	1.799	-1.464	0.004	1.000	3.457	1.607	-0.044	0.675	0.958
Индия	2005	14.639	0.556	-0.460	1.354	0.426	24.419	0.168	-1.223	1.028	0.657
	2006	14.466	0.389	-0.290	1.410	0.256	24.047	0.300	-1.276	1.281	0.616
	2007	13.511	0.426	-0.205	1.449	0.268	28.603	0.204	-1.698	1.369	0.676
	2008	10.726	0.417	0.136	1.382	0.247	31.747	0.012	-1.856	1.279	0.704
	2009	13.371	0.493	-0.250	1.344	0.418	20.223	0.390	-0.838	1.242	0.561
	2010	11.878	0.522	-0.053	1.468	0.343	21.180	0.369	-0.917	1.473	0.480
	2011	10.748	0.475	0.127	1.259	0.345	22.264	0.320	-0.981	1.651	0.421
Китай	2005	18.209	0.392	-0.554	0.476	0.765	11.436	0.922	-0.154	0.443	0.843
	2006	18.698	0.351	-0.543	0.210	0.941	10.656	0.875	-0.033	0.350	0.897
	2007	18.912	0.466	-0.613	0.279	0.935	11.558	0.665	0.041	0.149	0.971
	2008	17.207	0.545	-0.460	0.066	0.996	11.156	0.610	0.156	0.058	0.996
	2009	17.983	0.470	-0.516	0.213	0.955	9.378	0.632	0.325	0.236	0.930
	2010	16.834	0.553	-0.417	0.067	0.995	10.921	0.479	0.297	0.101	0.978
	2011	16.814	0.564	-0.408	0.073	0.995	11.983	0.210	0.432	0.262	0.805
ЮАР	2005	68.245	4.633	-9.606	1.357	0.678	83.647	6.383	-12.552	0.434	0.976
	2006	50.718	4.185	-7.409	1.211	0.689	57.939	4.841	-8.605	0.915	0.838
	2007	50.583	4.506	-7.719	1.480	0.633	42.793	3.973	-6.336	0.685	0.875
	2008	25.564	2.130	-3.053	1.859	0.300	59.392	4.286	-8.509	1.600	0.580
	2009	23.887	2.515	-3.194	1.809	0.567	30.911	2.592	-3.964	0.785	0.865
	2010	23.050	2.556	-3.146	1.580	0.624	63.226	4.656	-9.345	1.515	0.802
	2011	18.219	2.617	-2.698	1.805	0.586	56.722	4.169	-8.264	1.820	0.674

Рассмотрение элементов табл. 1 показывает, что характеристики оценок ЧГМ достаточно однородны, отсутствуют резкие изменения коэффициентов во времени; это укрепляет уверенность в том, что построенные модели отражают реальные закономерности.

Таким образом, преобразованная в форму ЧГМ, при дополнительных предположениях о

постоянстве коэффициентов и стандартных предположениях о случайных возмущениях, модель является точно идентифицируемой с помощью обычного МНК, хотя в силу небольшого числа стран БРИКС ее остатки имеют лишь одну степень свободы.

Для выполнения анализа адекватности для ЧГМ экспорта и импорта воспользуемся столб-



цами «sigma» и «R²» табл. 1, опираясь на следующие факты:

- оценка среднеквадратического отклонения $\hat{\sigma}$ модели регрессии является основной характеристикой ее абсолютной точности;

- для интерпретации величины $\hat{\sigma}$ для рассматриваемой модели можно вычислить приближенную ширину «прогнозного интервала» для значений зависимой переменной – объема экспорта или импорта в форме $2\hat{\sigma} \times 100\%$ (что примерно соответствует 95% надежности); так, например, если $\hat{\sigma} = 0.05$, то точность модели составляет $\pm 10\%$; если же $\hat{\sigma} = 1$, то погрешность модели возрастает до $\pm 200\%$ (с надежностью около 95%);

- коэффициент детерминации R^2 , являющийся основной характеристикой относительной точности модели, показывает, какую долю «разброса» зависимой переменной – логарифма объема экспорта или импорта – воспроизводит модель;

- с практической точки зрения характеристика абсолютной точности модели $\hat{\sigma}$ гораздо важнее коэффициента детерминации, поскольку дает возможность приближенно оценить величину ошибки модели для большинства наблюдений.

Для того чтобы дать обобщенную характеристику точности ЧГМ экспорта и импорта для каждой из стран БРИКС, были найдены медианные значения $\hat{\sigma}$ и R^2 для каждой из стран по их значениям за отдельные годы (табл. 2).

Таблица 2

Медианные характеристики точности оценок частных гравитационных моделей экспорта и импорта стран БРИКС за 2005–2011 гг.

Страна	Экспорт		Импорт	
	sigma	R ²	sigma	R ²
Бразилия	0.517	0.905	0.530	0.937
Россия	0.456	0.991	0.514	0.976
Индия	1.382	0.343	1.281	0.616
Китай	0.210	0.955	0.236	0.930
ЮАР	1.580	0.624	0.915	0.838

Выводы

Проведенный анализ точности ЧГМ позволяет сделать следующее заключение:

- в абсолютном смысле за весь изучаемый период 2005–2011 гг. наиболее точны ЧГМ для экспорта и импорта КНР, однако и для них точность составляет лишь около $\pm 45\%$;

- в целом наименее точны ЧГМ для Индии и ЮАР;

- модели для Бразилии и России занимают промежуточное положение по точности;

- в относительном смысле, за исключением экспорта и импорта Индии и экспорта ЮАР, ЧГМ достаточно точны (медианный $R^2 \geq 0.838$);

- погрешность ЧГМ экспорта КНР имеет тенденцию к снижению, а импорта – к снижению, сменяющуюся ростом;

- погрешность ЧГМ экспорта Бразилии изменяется по схеме рост – снижение – рост, погрешность ЧГМ импорта Бразилии остается на неизменном уровне;

- погрешность ЧГМ экспорта России возрастала, а после кризиса колебалась между очень низким и высоким значением; в динамике погрешности ЧГМ для импорта России наблюдается тенденция к росту, прерванная в 2009 г. и возобновившаяся после кризиса;

- погрешности ЧГМ для экспорта и импорта Индии и ЮАР, оставаясь очень высокими, продолжают возрастать.

Такая ситуация свидетельствует о том, что разброс значений логарифмов экспорта/импорта со своими контрагентами для каждой страны очень высок, и модели неплохо воспроизводят его в относительном смысле, т.е. вариация оценочных значений логарифма экспорта/импорта также достаточно высока. Это свидетельствует о том, что построенные модели являются достаточно ценными в познавательном плане. Вместе с тем некоторую практическую полезность имеют, по-видимому, лишь модели для экспорта и импорта КНР.

По смыслу гравитационной модели (в форме ЧГМ) с ростом ВВП страны-контрагента потоки экспорта/импорта должны возрастать, а с ростом удаленности страны-контрагента – снижаться. Эти естественные предположения выражаются в условиях $\beta > 0, \gamma < 0$ в модели.

Сопоставим эти предположения с оценками коэффициентов β и γ модели (3), воспользовавшись столбцами «GDPL» и «distL» табл. 1. Условимся называть оценку модели «правильной», если для нее выполняются оба неравенства на коэффициенты.

ЮАР – единственная страна БРИКС, для которой ЧГМ как для экспорта, так и для импорта являются «правильными» для всех лет (2005–2011 гг.).

Также являются «правильными» для всех лет ЧГМ экспорта Бразилии, России, КНР, а также ЧГМ импорта Индии.

Для моделей импорта Бразилии эластичность зависимости как от ВВП (β), так и от удаленности страны-контрагента (γ) положительна с тенденцией возрастания γ в 2010–2011 гг. Таким образом, для импорта Бразилии выполняется «антигравитационный» закон – объем импорта возрастает с ростом удаления страны-контрагента, причем в последние годы изучаемого периода

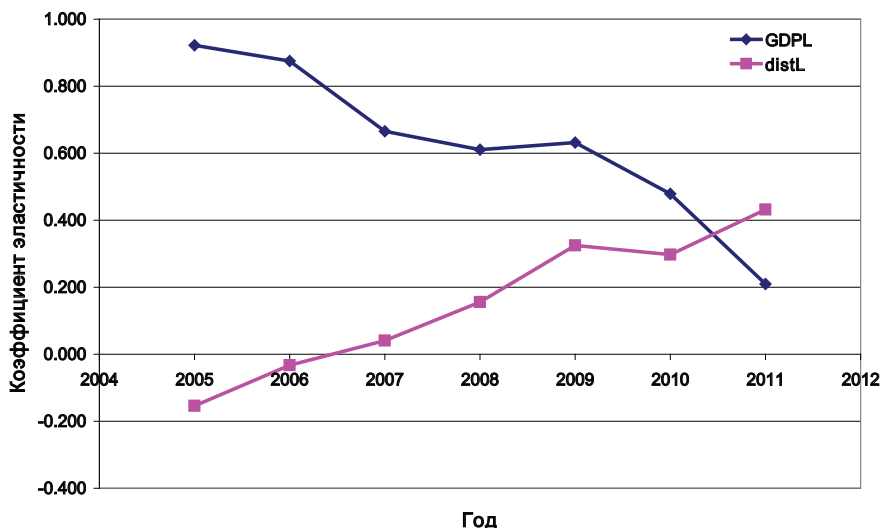


эта тенденция усиливается. Это означает, что Бразилия импортирует из остальных государств БРИКС товары, вне зависимости от расстояния, т.е. именно те товары, на которые есть спрос и которые являются специфической продукцией, характерной для той или иной страны, имеющей конкурентные преимущества по сравнению с аналогичной продукцией других стран.

Для импорта России, за исключением последнего года изучаемого периода – 2011, эла-

стичность зависимости от удаленности γ тоже положительна, т.е. также выполняется «антигравитационный» закон по расстоянию; при этом наблюдается явная тенденция по убыванию показателя γ , т.е. есть все основания ожидать того, что в ближайшие годы импорт России будет подчиняться «правильному» гравитационному закону, подобно импорту Индии и ЮАР.

Интересна динамика оценок коэффициентов β , γ для импорта КНР (рисунок).



Динамика оценок коэффициентов β (GDPL) и γ (distL) ЧГМ импорта КНР в 2005–2011 гг.

Как видно из рисунка, в 2005–2006 гг. модели импорта КНР были «правильными», но с течением времени становятся преобладающими импортные потоки из удаленных и относительно небольших экономик.

Для экспорта Индии характерно приблизительно постоянное «правильное» значение β , преобладающее «правильное» значение γ (5 лет из 7), однако, как и для импорта КНР, в динамике γ наблюдается явная тенденция к росту, т.е. вполне можно предположить, что с течением времени экспорт этой страны будет следовать «антигравитационному» закону по расстоянию.

Отметим, что для всех стран БРИКС эластичность зависимости объемов как экспорта, так и импорта от ВВП стран-контрагентов положительна, т.е. «правильна». Из результатов модели следует, что увеличение ВВП на 1% привело к увеличению экспорта стран БРИКС в 2011 г. на 1,87, 1,8, 0,48, 0,56 и 2,62% соответственно. Импорт стран БРИКС при увеличении ВВП на 1% увеличивался на 0,72, 1,61, 0,32, 0,21 и 4,17% соответственно.

В целом, анализ точности частичных грави-

тационных моделей и знаков их коэффициентов показывает следующее:

- каждая из стран БРИКС заметно отличается от других стран ассоциации в отношении характера своего экспорта и импорта, выявляемого ЧГМ;

- точности ЧГМ существенно различаются и не остаются постоянными;

- как для экспорта, так и для импорта всех стран БРИКС оценки коэффициентов β ЧГМ являются положительными, т.е. возрастают с ростом ВВП страны-контрагента;

- для экспорта всех стран, за исключением Индии, коэффициент $\gamma < 0$, т.е. с ростом удаленности страны-контрагента объем экспорта снижается; для экспорта Индии такая закономерность действовала в начале изучаемого периода, однако в результате установившейся тенденции к росту γ в конце периода установился «антигравитационный» закон экспорта;

- для импорта Бразилии действует и усиливается «антигравитационный» закон;

- для импорта России изначально «антигравитационный» закон постепенно сменился «гравитационным»;



– для импорта КНР изначально «гравитационный» закон сменился «антигравитационным».

Гравитационные модели способны дать лишь грубый прогноз экспортных потоков в силу высокой качественной неоднородности показателей совокупного экспорта и импорта, поэтому практическое значение таких моделей как средства прогнозирования весьма ограничено; здесь несколько выделяется КНР, точность прогнозов для которой может быть заметно выше, чем для других стран БРИКС.

Несмотря на грубость, гравитационные модели позволяют получить новую информацию о функционировании ассоциации БРИКС, прежде всего о том, что, несмотря на предполагаемую схожесть их экономик, которая и послужила поводом для создания этого объединения, закономерности их экспорта и импорта существенно различаются. По сути, для всех пяти стран проявляются различные закономерности, вместе с тем закономерности их экспорта (за исключением Индии) схожи – для него действует частичная гравитационная модель, т.е. объемы экспорта каждой страны находятся в прямой зависимости от размеров экономик стран-контрагентов (выражаемых ВВП) и в обратной – от их удаленности. Для экспорта Индии на протяжении изучаемого периода произошел сдвиг от «гравитационного» к «антигравитационному» закону; импорт Бразилии, России и КНР подчинялся «антигравитационному» закону, при этом для Бразилии и КНР последний усиливался, а для России в конце периода начал функционировать обычный «гравитационный» закон, т.е. объем импорта стал снижаться с ростом удаленности страны-контрагента. Для всех построенных частичных гравитационных моделей показатель степени (эластичность) зависимости как экспорта, так и импорта от ВВП страны-контрагента положительный, т.е. с ростом экономики страны-контрагента экспортные и импортные потоки возрастают.

Можно сделать вывод, что в перспективе рост товарооборота между странами БРИКС возможен с учетом роста ВВП этих стран.

К 2050 г. ожидается стремительный рост ВВП развивающихся стран. ВВП Индии вырастет более чем в 31 раз по сравнению с 2009 г., Китая – более чем в 14 раз, Бразилии – в 7,6 раза, России – в 6,6 раза [10].

Китай к 2050 г. станет страной с самым большим ВВП в мире (70 млрд долл.). Индия благодаря самым высоким показателям роста переместится с 12-го места в рейтинге стран по объему ВВП на 3-е место.

По нашему мнению, принятый подход, состоящий в подразделении данных на отдельные части (экспорт-импорт, страна, год) дает деталь-

ную информацию о закономерностях, характеризующих каждую страну в отдельности, что имеет практическую полезность. Также благодаря нему возникает возможность проследить динамику «гравитационных» взаимодействий, что особенно важно, поскольку изучаемый период включает мировой финансовый кризис.

Один альтернативный подход мог бы состоять в усреднении потоков экспорта и импорта, что позволило бы сократить число моделей вдвое, но это было бы достигнуто ценой снижения практической полезности моделей.

Еще одна альтернатива заключается в формальной оценке модели по объединенным данным с дополнительными предположениями о постоянстве коэффициентов; такой подход позволил бы улучшить соотношение между числом наблюдений и числом параметров модели, но, принимая в расчет неоднородность гравитационных закономерностей для отдельных стран, полученные оценки коэффициентов было бы очень сложно интерпретировать.

Полагаем, что, опираясь на результаты частичной гравитационной модели, в последующее тридцатилетие у стран БРИКС есть значительный потенциал для увеличения взаимных товаропотоков и дальнейшей интеграции в мировую торговлю.

Список литературы

1. *Абакумова Ю. Г., Павловская С. В.* Матричное моделирование двусторонних торговых отношений стран // Векторы внешнеэкономической деятельности / ред. совет: В. М. Руденков и др. Минск : Институт экономики Национальной академии наук Беларуси, 2010. С. 371–382.
2. *Ускова Т. В., Асанович В. Я., Дедков С. М., Селименков Р. Ю.* Внешнеэкономическая деятельность регионов СЗФО и Республики Беларусь : состояние и методологические аспекты моделирования // Экономические и социальные перемены : факты, тенденции, прогноз. 2010. № 4(12). С. 118–130.
3. *Афонцев С. А.* Гравитационные модели внешней торговли : Физические аналогии в экономике? URL: nonlin.ru/files/sem_presentations/20111116_AfoncevSA.ppt (дата обращения: 05.09.2013).
4. *Deardorff A. V.* The Ricardian Model, for the Princeton Encyclopedia of the World Economy // Research seminar in international economics. Discussion Paper. 2007. № 564. 15 p.
5. *Krugman P.* Import Protection as Export Protection in Kierkowski. Cambridge : MIT Press, 1984. 187 p.
6. *Шайтанова Н. А.* Гравитационные модели и возможность их применения при прогнозировании внешней торговли Российской Федерации и Республики Беларусь // Информационные технологии управления в экономике. 2006 : материалы респуб. науч.-практ.



- конф., г. Брест, 25–26 апреля 2006 г. / под общ. ред. С. А. Тузика. Брест : Изд-во БрГУ, 2006. С. 96–105.
7. Асанович В. Я. Экономико-математические методы и модели в международных экономических отношениях. Мн. : Изд-во БГЭУ, 2003. 99 с.
 8. Балацкий Е. В. Моделирование политики повышения эффективности внешнеторговых операций // Международные экономические отношения. 2002. № 2. С. 45–50.
 9. Клоцвог Ф. Н. Использование двухзональной межотраслевой модели в анализе межреспубликанских экономических связей России // Экономика и математические методы. 1994. Т. 30, вып. 1. С. 67–80.
 10. Venturatis : [Испанский экономический блог]. URL: <http://venturatis.wordpress.com/2010/03/26/espana-y-su-posicion-a-nivel-mundial-pib-2009-2014-y-2050/> (дата обращения: 21.11.2013).

Gravity Models of Foreign Trade of Brics Countries

I. S. Troekurova

Saratov State Law Academy,
104, Chernyshevskogo, Saratov, 410056, Russia
E-mail: troekurovais@mail.ru

K. A. Pelevina

Saratov State Law Academy,
104, Chernyshevskogo, Saratov, 410056, Russia
E-mail: kseniapelevina@yandex.ru

Introduction. The article shows that the main idea of foreign trade gravity models is foreign trade turnover, which is directly proportional to economic potential of countries trade (GDP) and inversely to distance between them. Gravity models of BRICS countries (Brazil, Russia, India, China and South Africa) used for modelling of trade and economic integration. It is the authors opinion that gravity models allow to get the new information about functioning of BRICS association, mainly that their export and import pattern is different despite of the fact that creation of such union was based on estimated similarity of their economics. **Theoretical analysis.** Gravity models define dependence of one-way foreign trade flow from economical parametres of the as exporter-country as well as importer-country. Influence of these parametres evaluates using regression analysis based on data about real turnover between countries. Received parametres of gravity model are flexible and show for how many procent turnover between the countries can increase if corresponding factor increases for 1%. Usually this model presents in grave or lin-log form. **Conclutions.** Concluded that growth of trade turnover between BRICS countries is possible taking into consideration growth of their GDP. Rely on the results of partial gravity model the conclusion is that BRICS countries have considerable potential for increasing of trade and further integration in world economy.

Key words: BRICS countries, gravity model, trends for trade growth.

References

1. Abakumova Yu. G., Pavlovskaja S. V. Matrichnoe modelirovanie dvustoronnikh torgovykh otnoshenii stran [Matrix modelling of two-way trade relations of the countries]. *Vektory vneshneekonomicheskoi deiatel'nosti*. Red. sovet: V. M. Rudenkov [Vercors of foreign economic relations]. Minsk, Institut ekonomiki Nacionalnoy akademii nauk Belarusi, 2010, pp. 371–382.
2. Uskova T. V., Asanovich V. Ya., Dedkov S. M., Selimenkov R. Yu. Vneshneekonomicheskaja deiatel'nost' regionov SZFO i Respubliki Belarus': sostoianie i metodologicheskie aspekty modelirovaniia [Foreign-economic activity of Northwestern Federal District and the Republic of Belarus]. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz* [Economical and social changes: facts, trends, forecast], 2010, no. 4(12), pp. 118–130.
3. Afontsev S.A. *Gravitatsionnye modeli vneshnei torgovli: Fizicheskie analogii v ekonomike?* (Gravity models of foreign trade: physical analog in economy?). Available at: nonlin.ru/files/sem_presentations/20111116_AfoncevSA.ppt (accessed 5 September 2013).
4. Deardorff A.V. The Ricardian Model, for the Princeton Encyclopedia of the World Economy. *Research seminar in international economics. Discussion Paper*. 2007, no. 564. 15 p.
5. Krugman P. *Import Protection as Export Protection in Kierkowski*. Cambridge, MIT Press, 1984. 187 p.
6. Shaitanova N.A. Gravitatsionnye modeli i vozmozhnost' kh primeneniia pri prognozirovanii vneshnei torgovli Rossiiskoi Federatsii i Respubliki Belarus' [Gravity models and possibility of their usage during forecasting of foreign trade of the Russian Federation and the Republic of Belarus]. *Informatsionnye tekhnologii upravleniia v ekonomike. 2006: materialy respublikanskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Brest, 25–26 apreliia 2006 g. Pod obshch. red. S. A. Tuzika* [Informational technologies of management in economy. 2006. Materials of republican scientific-practical conference, Brest, April 25–26 2006. Ed. by S. A. Tuzik]. Brest, BrSU Publ., 2006, pp. 96–105.
7. Asanovich V. Ya. *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v mezhdunarodnykh ekonomicheskikh otnosheniakh* [Economic and Mathematical methods of international economic relations]. Minsk, BGEU Publ. (Belorussian State Economic University), 2003. 99 p.
8. Balatskii E. V. Modelirovanie politiki povysheniia effektivnosti vneshnetorgovykh operatsii [Modelling of



- politics of foreign-trade operations efficiency increase]. *Mezhdunarodnye ekonomicheskie otnosheniia* [International economical relations], 2002, no. 2, pp. 45–50.
9. Klotsvog F. N. Ispol'zovanie dvukhzonal'noi mezhotraslevoi modeli v analize mezhrespublikanskikh ekonomicheskikh svyazei Rossii [Usage of bizonal international model in analysis of inter-republican economic relations of Russia]. *Ekonomika i matematicheskie metody* [Economics and mathematical methods], 1994, vol. 30, iss. 1, pp. 67–80.
- 10 *Venturatis*. Spanish economical blog. Available at: <http://venturatis.wordpress.com/2010/03/26/espana-y-su-posicion-a-nivel-mundial-pib-2009-2014-y-2050/> (accessed 21 November 2013).