

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ ТОРГОВЛИ ВИРТУАЛЬНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Е.Д. Копнова

Автором разработана методика статистического анализа мировой торговли виртуальной водой в контексте усиления социальной и экологической напряженности. На примере мировых торговых потоков виртуальной воды в составе сельскохозяйственной продукции исследовалось влияние экспорта и импорта этой продукции на показатели, связанные с социальными и экологическими рисками. В анализе были использованы данные с сайтов Всемирного банка и Всемирной торговой организации за период с 1994 по 2011 г. В основу методики был положен инструментарий эконометрического моделирования.

Базовая модель представляет собой совокупность типологических систем внешне не связанных регрессионных уравнений, оцениваемых по панельным данным, для предварительно выделенных групп стран. В качестве эндогенных переменных в системах выступают показатели, связанные с показателями социальных и экологических рисков. В состав экзогенных переменных включены характеристики международной торговли виртуальной водой. Для определения типологической группировки стран была проанализирована их структура по отношению к сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции и показателям мировой торговли, соответствующим индикаторам, разработанным под эгидой Всемирного водного совета.

В результате проведения анализа выявлено наличие устойчивой во времени группировки стран, включающей группы преимущественно экспортеров и преимущественно импортеров сельскохозяйственной продукции. Доля третьей рассматриваемой группы, в которую входят страны с переменным знаком сальдо экспорта-импорта, составила лишь 30%. Выявлены факторы, влияющие на формирование групп, в частности показана роль водных ресурсов с позиции масштаба и эффективности их использования. Для первой группы стран было выявлено значимое воздействие экспорта продукции сельского хозяйства на показатели загрязнения окружающей среды продуктами сельскохозяйственного производства. Для второй группы особенно заметной оказалась связь ввоза и вывоза сельскохозяйственной продукции с миграционным потоком. Общей закономерностью для трех групп стран явилось то, что страны с более интенсивными торговыми потоками имели более низкий рейтинг экологической устойчивости.

Ключевые слова: виртуальная вода, международная торговля, международная статистика, экологические риски, социальные риски, эконометрическая модель.

JEL: Q17, Q25, Q27.

Введение

В современных условиях дефицита водных ресурсов на международном рынке становится заметна тенденция повышения роли водоемкой продукции [3]. Это соответствует концепции международной торговли виртуальной водой в составе этой продукции, предложенной Дж. Алланом [4] и развитой А. Хукстрой [8]. По данным международной статистики [12], объем продаваемой виртуальной воды в настоящее время составляет 40% всего объема мирового потребления воды. Получается так, что вододефицитным странам выгоднее импортировать виртуальную воду, чем повышать эффективность собственных водных

ресурсов. Для водообильных стран возрастание спроса на водоемкую продукцию открывает широкие возможности для повышения эффективности таких базовых производств, как металлургическая, химическая промышленность, сельское хозяйство.

Однако на практике тенденция изменения структуры международной торговли, снижающая остроту проблемы дефицита водных ресурсов, ставит ряд задач, связанных с обеспечением устойчивого развития мировой экономики. В частности, повышение конкурентоспособности водоемких производств может привести к территориальной реструктуризации производства, несбалансированному распределению водных

Копнова Елена Дмитриевна (ekopnova@hse.ru) – канд. техн. наук, доцент кафедры статистических методов НИУ «Высшая школа экономики».

ресурсов и инвестиций в эти производства. Неправомерная интенсификация водопользования в водообильных странах грозит нарушением экологических нормативов, приводит к деградации водных ресурсов, усугубляет глобальную проблему изменения климата. На международном уровне возрастание роли водных ресурсов повышает вероятность нарушения бассейновых отношений соседних стран и возникновения вооруженных столкновений.

Зависимость потребления от международного рынка в водедефицитных странах связана с проблемами производственной и финансовой безопасности. Она ведет к негативным изменениям на рынке труда, усилению миграционных потоков и социальной напряженности. Примеры таких негативных последствий мировой торговли виртуальной водой можно найти, например, в работах Л. Холмен [9] и П. Глика [7]. Рис. 1 отображает данные об официально зарегистрированных мировых водных конфликтах с 1971 по 2011 г., свидетельствующие об обострении проблемы водедефицита в современном мире. Хорошо видно, что в последние годы внутринациональные конфликты превалируют над конфликтами между странами. Необходимы меры, позволяющие минимизировать указанные эколого-экономические и социально-политические риски.



Рис. 1. Число официально зарегистрированных мировых водных конфликтов

Источник: [7].

Стратегия мировой торговли водой в настоящее время официально признана Глобальным водным партнерством (Global Water Partnership - GWP) и определена в качестве одного из инс-

трументов противодействия мировому водному кризису в системе Интегрированного управления водными ресурсами¹ (Integrated Water Resources Management - IWRM). В 2004 г. Всемирным водным советом (World Water Council - WWC) была дана официальная оценка мировой торговли водой, определена принципиальная методология ее использования и рекомендована система индикаторов для ее мониторинга [12]. Практическое применение данной стратегии связано с разработкой конкретных методик анализа и управления как на уровне отдельных стран и регионов, так и в макроэкономическом масштабе. С развитием статистических методов, опыта исследований, информационной базы число таких разработок растет. В качестве наиболее ярких примеров можно назвать исследования виртуальных потоков воды М. Меконнена и А. Хукстры в Кении [11], Дж. Дабровски в Южноафриканском регионе [5]. Оба исследования отличаются высокой информативностью, в большой мере учитывают индивидуальные особенности стран, однако методология статистического анализа в них ограничена методами дескриптивной статистики. В более поздних работах используется современный эконометрический инструментарий. В частности, в работе А. Фракассо [6] к анализу факторов вариативности потоков виртуальной воды для стран мира применена гравитационная модель мировой торговли, учитывающая междустрановые взаимосвязи. Однако, как правило, исследования не решают задачи достоверного статистического оценивания последствий мировой торговли виртуальной водой в контексте устойчивого развития.

Данная работа посвящена разработке методики анализа международной торговли виртуальными водными ресурсами на макроуровне, которая, с одной стороны, позволяет определить детерминанты торговых потоков, а с другой — выявить негативное влияние этих потоков. На макроуровне решалась задача определения воздействия мировой торговли виртуальной водой в составе продукции сельского хозяйства на социальные и экологические риски стран. В анализе были использованы данные с сайтов Всемирного банка и Всемирной торговой организации за период с 1994 по 2011 г. В основу методики была положена эконометрическая модель в форме

¹ URL: <http://www.gwp.org/en/ToolBox/TOOLS/Management-Instruments/Water-Resources-Assessment/Water-footprint-and-virtual-water-concept/>.

совокупности типологических систем внешне не связанных регрессионных уравнений, оцениваемых по панельным данным, для предварительно выделенных групп стран. В качестве эндогенных переменных в системах выступают показатели, связанные с показателями социальных и экологических рисков. В состав экзогенных переменных включены характеристики международной торговли виртуальной водой. Для определения типологической группировки стран была проанализирована их структура по отношению к сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции и показателям мировой торговли, в основном соответствующим приведенным выше индикаторам. При этом в качестве статистического инструментария были применены процедуры кластерного и регрессионного анализа.

Формирование типологической группировки стран

Сначала были выделены группы стран, преимущественно импортирующих и экспортирующих указанную продукцию. Для этого был проведен кластерный анализ методом k -средних ($k = 4$)² [1] по стандартизированным данным за 2011 г. Результаты классификации стран приведены на рис. 2.

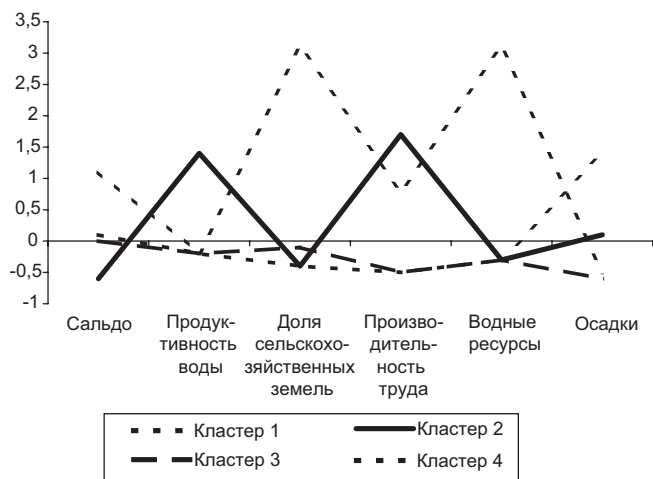


Рис. 2. Результаты классификации стран методом k -средних ($k = 4$)

График определяет положение средних значений всех показателей для каждого из кластеров. Видно, что различие средних значений сальдо экспорта и импорта для основных кластеров -

четвертого (преимущественно экспортеры сельскохозяйственной продукции) и второго (преимущественно импортеры сельскохозяйственной продукции) - сопровождается различием значений показателей эффективности использования водных ресурсов [величины валового внутреннего продукта (ВВП) на 1 кубический метр общего расхода пресной воды и валовой добавленной стоимости (ВДС) в сельском хозяйстве на одного работника]. С другой стороны, это различие соответствует вариации показателей масштаба производства (доли сельскохозяйственных земель, внутренних возобновляемых ресурсов пресной воды на душу населения). К экспортерам продукции сельского хозяйства относятся в основном водообильные страны с большими площадями сельскохозяйственных угодий, в частности такие страны, как Канада, Бразилия, США, а к импортерам - страны с ограниченными водными ресурсами, земельными угодьями и высокой производительностью водных ресурсов, в частности Япония, Германия, Дания. Страны первого и третьего кластеров отличаются в основном по показателю количества осадков.

Для обоснования полученной группировки, выявления факторов ее формирования, в частности определения роли водных ресурсов, использовалась модель Хекмана [2]. Модель определяет две эндогенные переменные: G - индикатор перехода страны к преимущественно экспорту или преимущественно импорту, и Y - сальдо экспорта-импорта в зависимости от указанных выше факторов.

$$G_i = \begin{cases} 1, & \text{если } G_i^* \geq 0 \\ 0, & \text{если } G_i^* < 0. \end{cases}$$

G_i^* формируется регрессионным уравнением:

$$G_i^* = Z^{(i)}\delta + \xi_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

$$Z^{(i)} = (Z_1^{(i)}, Z_2^{(i)}, \dots, Z_k^{(i)}), \quad \delta = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k)^T,$$

где $Z^{(i)}$ - вектор наблюдаемых независимых переменных (факторов выбора) в i -м наблюдении; δ - вектор коэффициентов регрессии; ξ_i - регрессионная ошибка в i -м наблюдении.

Предполагается, что ξ_i имеет стандартное нормальное распределение и не коррелирует с компонентами вектора $Z^{(i)}$:

² Для проведения кластерного анализа в работе использовался ППП STATISTICA.

$$\xi_i \sim N(0,1), \quad cov[\xi_i, Z_j^{(i)}] = 0, \quad j = 1, 2, \dots, k.$$

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^*, & \text{если } G_i = 1 \\ \text{не наблюдается, если } G_i^* < 0 \end{cases}$$

Y_i^* формируется регрессионным уравнением:

$$Y_i^* = X^{(i)}\beta + \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \dots, n_i, \quad (2)$$

$$X^{(i)} = (X_1^{(i)}, X_2^{(i)}, \dots, X_l^{(i)}), \quad \beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_l)^T,$$

где ε_i - регрессионная ошибка в i -м наблюдении.

Предполагается, что ε_i имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и постоянной дисперсией, не коррелирует с компонентами вектора $X^{(i)}$, возможно, коррелирует с ξ_i :

$$\varepsilon_i = \delta_{\varepsilon\xi} \xi_i + \eta_i, \quad \eta_i \sim N(0, \delta^2), \quad cov[\eta_i, \xi_i] = 0, \\ cov[\varepsilon_j, X_j^{(i)}] = 0, \quad j = 1, 2, \dots, l.$$

В составе векторов независимых переменных Z и X были взяты факторы, описанные в таблице 1, в том числе и те, которые использовались при кластеризации. Модель оценивалась по данным 2011 г., имеющим наименьшее число пропущенных значений, с использованием двухшаговой процедуры Хекмана с учетом коррекции на гетероскедастичность³. В качестве примера в таблице 1 приводятся результаты оценивания модели для стран, являющихся преимущественно экспортерами сельскохозяйственной продукции⁴. Начальный объем выборки n составлял 83 страны, урезанная выборка содержала $n_1 = 39$ наблюдений. В итоге значимость модели в целом (на уровне 0,01) позволила подтвердить указанную выше классификацию стран и интерпретировать результаты оценивания.

Таблица 1

Оценка модели Хекмана

Зависимая переменная: $Prob\{G_i = 1\}$ - вероятность положительного сальдо		$n = 83$
j	Факторы выбора ($k = 7$)	Оценки $\hat{\delta}$
1	Константа	-1,654956**
2	ВДС в сельском хозяйстве на одного работника (в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США)	0,0000545**
3	Внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды на душу населения (куб. м)	0,0000456**
4	ВВП на одного занятого (в постоянных ценах 1990 г., по ППС, в долларах США)	0,0000259

³ Для оценивания регрессионных моделей в работе использовался ППП EViews.

⁴ Указанные в таблице 1 и далее символы *, **, *** обозначают уровень значимости оцениваемых параметров моделей, соответственно 0,1; 0,05; 0,01.

Окончание таблицы 1

5	Доля сельскохозяйственных земель (в % от общей площади)	0,021521**
6	Среднее количество атмосферных осадков (мм в год)	0,000624**
7	Продуктивность воды (ВВП на 1 куб. м общего расхода пресной воды, в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США)	-0,022271*
$McFaddenR^2 = 0,322$		
$H_0: \delta_j = 0 \quad j = 2, 3, \dots, 7 \quad Prob(\chi^2) = 0,000$		
Зависимая переменная: Y - положительное сальдо экспорта-импорта		$n_1 = 39$
j	Факторы изменения Y ($l = 9$)	Оценки $\hat{\beta}$
1	Константа	9697,099
2	ВДС в сельском хозяйстве на одного работника (в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США)	-0,000483
3	Внутренние возобновляемые ресурсы пресной воды на душу населения (куб. м)	0,000039
4	Сборы за использование интеллектуальной собственности (в долларах США)	-0,0000221***
5	Объем грузовых перевозок воздушным транспортом (млн т·км)	7,483773***
6	ВВП на одного занятого (в постоянных ценах 1990 г., по ППС, в долларах США)	0,035762
7	Доля сельскохозяйственных земель (в % от общей площади)	0,041678
8	Среднее количество атмосферных осадков (мм в год)	-0,000356
9	Продуктивность воды (ВВП на 1 куб. м общего расхода пресной воды, в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США)	0,334328
$\hat{\sigma}_\varepsilon = 11206 \quad \hat{\sigma}_{\varepsilon\xi} = -6739$		
$H_0: \beta_j = 0 \quad j = 2, 3, \dots, 9 \quad Prob(\chi^2) = 0,003$		

Из данных таблицы 1 видно, что значимые на уровне 0,05 результаты оценивания, во-первых, свидетельствуют о существенной роли водных ресурсов при выборе ориентации стран на экспорт водоемкой сельскохозяйственной продукции, а во-вторых, указывают на направленность влияния масштабного фактора (объема внутренних возобновляемых ресурсов пресной воды на душу населения) и фактора эффективности использования (продуктивности воды). Положительное влияние первого

и отрицательное воздействие второго фактора соответствуют результатам приведенной выше классификации, выделяющей водообильные страны-экспортеры сельскохозяйственной продукции и экономически развитые вододефицитные страны-импортеры сельскохозяйственной продукции. Чем больше запасы воды на душу населения в стране, тем большая вероятность того, что в ней будет превалировать экспорт сельскохозяйственной продукции. Чем больше отдача воды в производстве, тем преобладание экспорта над импортом товаров сельскохозяйственного производства менее вероятно. Соответственно, из тех стран, где вода используется экономно, она не вывозится. Однако моделирование показало, что роль водных ресурсов статистически незначима для наращивания рассматриваемой зависимой переменной. Статистически значимое (на уровне 0,01) влияние на изменение абсолютной величины сальдо экспорта-импорта оказывает рост объема транспортных потоков. Также значимым оказалось влияние фактора инновационной активности, который в модели косвенно представлен показателем сборов за использование интеллектуальной собственности. Величина ВВП в обоих случаях не влияет ни на выбор преимущественной ориентации торговых потоков, ни на изменение их значений.

Окончательно типологическая группировка стран была сформирована на основании выявления относительной устойчивости их распределения по данным за рассматриваемые 17 лет. На рис. 3 представлено распределение 140 стран по числу лет, в течение которых сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции было положительным.

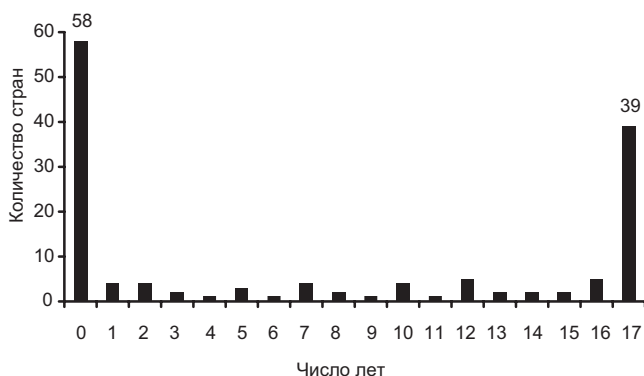


Рис. 3. Распределение стран по числу лет, в течение которых сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции было положительным

Каждый столбик гистограммы на рис. 3 показывает, сколько стран для данного числа лет имело положительное сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции. Так, например, последний столбик (17 лет) показывает, что 39 стран все эти годы преимущественно экспортировали сельскохозяйственную продукцию (далее по тексту — группа 1). Первый столбик (0 лет) соответствует тому, что другие 58 стран все 17 лет преимущественно импортировали эту продукцию (далее по тексту — группа 2). Для остальных 43 стран из 140 знак сальдо экспорта-импорта менялся за эти годы (далее по тексту — группа 3).

Моделирование влияния экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции на показатели экологических и социальных рисков

Дальнейшее исследование проводилось для каждой из трех определенных выше групп стран по данным за указанные годы: изучалось влияние потоков международной торговли виртуальной водой в составе сельскохозяйственной продукции на показатели, связанные с социальными и экологическими рисками. Использовались регрессионные модели, оцениваемые по панельным данным [2]. Для всех уравнений в соответствии со значениями тестовой статистики Хаусмана для уровня значимости 0,05 была выбрана спецификация с фиксированными эффектами:

$$\begin{aligned}
 Y_{it} &= \alpha_i + X_{it}^{(i)}\beta + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad t = 1, 2, \dots, T; \\
 X_{it}^{(i)} &= (X_1^{(i)}, X_2^{(i)}, \dots, X_l^{(i)}), \quad \beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_l)^T, \\
 \varepsilon_{it} &\sim N(0, \sigma^2), \quad \text{cov}[\varepsilon_i, \varepsilon_j] = 0 \quad (i \neq j), \\
 \text{cov}[\varepsilon_i, X_j^{(i)}] &= 0, \quad j = 1, 2, \dots, l.
 \end{aligned}$$

Все регрессии имели достаточно высокую объясняющую способность и оказались статистически значимыми (на уровне 0,01). Индивидуальные особенности стран были учтены корректно в соответствии со значимостью фиксированных эффектов (на уровне 0,01). Анализ остатков моделей на отсутствие гетероскедастичности и автокорреляции, на соответствие их нормальному закону распределения вероятностей также подтвердил приемлемое качество моделей и возможность интерпретации оценок их параметров. Следует отметить, что оценивание параметров производилось с учетом пропусков данных по

несбалансированным панелям. Поэтому объем выборки для разных регрессий был различным. Результаты идентификации приведены в таблицах 2-4.

В таблице 2 представлены результаты оценивания регрессий для зависимых переменных Y , связанных с экологическими рисками: Nit - выбросы закиси азота в сельском хозяйстве (тыс. тонн CO_2 эквивалента); $Meth$ - выбросы метана в сельском

хозяйстве (тыс. тонн CO_2 эквивалента); Org - сбросы органических загрязнителей воды (кг в день). В составе вектора независимых переменных X выступают экспорт и импорт сельскохозяйственной продукции (в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США), а также ВДС на одного работника (в сопоставимых ценах 2005 г., в долларах США) и ВВП на душу населения (по ППС, в сопоставимых ценах 1990 г.).

Таблица 2

Оценка модели влияния потоков международной торговли виртуальной водой в составе сельскохозяйственной продукции на показатели экологических рисков

	Группа 1			Группа 2			Группа 3		
	Nit	$Meth$	Org	Nit	$Meth$	Org	Nit	$Meth$	Org
Экспорт	0,636***	1,362***	3,916**	-0,066	-0,080	-1,440	-0,603***	-0,521***	-16,189**
Импорт	-0,814***	-1,885***	-4,794	-0,014	0,029	0,157	1,193***	1,202***	22,366***
ВДС на одного работника	-0,011	0,335*	-2,288	-0,073	-0,014	0,092	-0,485*	-0,536*	-35,416**
ВВП на душу населения	-0,112	-0,490	3,222	0,037	0,043	-2,812**	0,099	-0,033	10,446**
R^2	0,992	0,998	0,972	0,994	0,996	0,992	0,995	0,997	0,991
n	121	126	173	136	138	157	57	61	48

Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о прямом влиянии экспорта сельскохозяйственной продукции и показателя производительности труда на выбросы и сбросы загрязняющих веществ для стран - постоянных экспортеров, что может указывать на неправомерную интенсификацию производства. Для группы стран - постоянных импортеров сельскохозяйственной продукции связь экспорта, импорта и производительности труда с выбросами не проявилась, зато логично отразилась зависимость между уровнем ВВП и уровнем загрязнения. Для стран группы 3 заметна значимая (на уровне 0,01) прямая связь импорта сельскохозяйственной продукции и обратная связь экспорта сельскохозяйственной продукции со всеми рассматриваемыми выбросами, что может свидетельствовать о низком техническом и организационном уровне ведения сельского хозяйства. Можно предположить, что вывоз товаров сопровождается более высоким контролем производства, а ввоз - пренебрежением к экологическим рискам.

В таблице 3 представлены результаты оценивания влияния этих же факторов на оценку политики и институтов страны (Country Policy and Institutions Assessment - CPIA) для обеспечения экологической устойчивости (1 - самая низкая, 6 - самая высокая).

Таблица 3

Оценка модели влияния потоков международной торговли виртуальной водой в составе сельскохозяйственной продукции на рейтинг экологической устойчивости

	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Экспорт	-0,0000274	-0,000245***	0,000413**
Импорт	-0,0000062	-0,0000621**	-0,000108*
ВДС на одного работника	-0,0000154	-0,000161**	0,000154
ВВП на душу населения	-0,000161***	-0,000154	0,00000692*
R^2	0,775	0,838	0,785
n	127	138	63

Из данных таблицы 3 видно, что значимое отрицательное влияние на индекс CPIA торго-

Таблица 4

Оценка модели влияния потоков международной торговли виртуальной водой в составе сельскохозяйственной продукции на показатели социальных рисков

	Группа 1			Группа 2			Группа 3		
	<i>Unemp</i>	<i>Migr</i>	<i>Gini</i>	<i>Unemp</i>	<i>Migr</i>	<i>Gini</i>	<i>Unemp</i>	<i>Migr</i>	<i>Gini</i>
Экспорт	-0,0001*	3,27	-0,00015**	0,0001*	-56,21**	0,0002	0,0001	93,78***	0,0000
Импорт	0,0001	-4,17	0,00042**	-0,0001*	70,69***	-0,0003	-0,0000	-51,75*	0,0001
ВДС на одного работника	-	19,73	0,00004	-	-1,88	0,0002***	-	54,86*	0,0001
ВВП на душу населения	-0,0002**	11,52	0,00007	-0,0001*	-9,04	-0,0002**	-0,0002*	-12,51	-0,0002*
R^2	0,861	0,996	0,960	0,901	0,995	0,868	0,748	0,998	0,864
n	125	119	165	132	141	164	67	58	64

вые потоки оказывают для стран - постоянных импортеров сельскохозяйственной продукции и стран промежуточной группы (группы 2). Общей закономерностью для этих групп является то, что страны с более интенсивными торговыми потоками имеют более низкий рейтинг экологической устойчивости.

В таблице 4 приведены результаты оценивания регрессий для следующих зависимых переменных: *Unemp* - уровень безработицы (в % от общей численности трудовых ресурсов); *Migr* - численность иностранных мигрантов; *Gini* - индекс Джини.

Из данных таблицы 4 видно, что на уровень безработицы значимо (на уровне 0,1) отрицательно влияет величина экспорта для постоянных экспортеров сельскохозяйственной продукции и, соответственно, величина импорта для постоянных импортеров сельскохозяйственной продукции, а также объем использования водных ресурсов, что говорит о принципиальной роли международной торговли виртуальной водой в формировании рынка труда. Связь ввоза и вывоза сельскохозяйственной продукции с миграционными потоками проявляется для групп 2 и 3. Усиление миграции с ростом импорта сельскохозяйственной продукции в первой из этих групп может быть связано с формированием отраслевой структуры, в которой преобладает сфера услуг, более привлекательная для мигрантов. Для стран из группы 3 ослабление миграции с ростом импорта продуктов сельского хозяйства, возможно, свидетельствует о невысоком уровне их экономического развития и

высокой доле мигрантов, ориентированных на работу в сельском хозяйстве. Связь величины рассматриваемых торговых потоков и степени расслоения общества по уровню благосостояния проявилась только для группы постоянных экспортеров сельскохозяйственной продукции. Странам из этой группы с более высоким уровнем сальдо экспорта-импорта сельскохозяйственной продукции соответствует более низкое значение коэффициента Джини.

Заключение

Предложена методика статистического анализа влияния потоков международной торговли виртуальной водой на показатели экологических и социальных рисков. Результаты расчетов продемонстрированы на примере торговли виртуальной водой в составе продукции сельского хозяйства на макроуровне. Было выявлено существование устойчивой группировки стран мира по соотношению экспорта и импорта виртуальной воды, определено значимое влияние водных ресурсов на образование такой группировки. Показано, что к детерминантам интенсивности потоков международной торговли виртуальной водой относятся инновационный и транспортный факторы. Изучение воздействия экспорта и импорта сельскохозяйственной продукции в указанных группах на показатели, связанные с экологическими и социальными рисками, выявило значимые проблемные зависимости.

Данная методика основывается на общих принципах статистического анализа и во многом определяется наличием и качеством имеющейся статистической информации. Универсальность и открытость методики позволяют использовать ее для решения сходных проблем торговли виртуальной водой в составе продукции других водоемких производств, а также применять на региональном уровне с учетом бассейновых отношений.

Литература

1. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: Учебник для вузов: В 2 т. 2-е изд., испр. - Т. 1: Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 656 с.
2. Вербик М. Путеводитель по современной эконометрике. Пер. с англ. В.А. Банникова. Научн. ред. и предисл. С.А. Айвазяна. - М.: Научная книга, 2008. - 616 с. «Библиотека Солев».
3. Данилов-Данильян В.И., Хранович И.Л. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. - М.: Научный мир, 2010. - 232 с.
4. Allan J.A. «Virtual water»: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London, 1997.
5. Dabrowski J.M., Masekoameng E., Ashton P.J. Analysis of virtual water flows associated with the trade of

maize in the SADC region: important scale // Hydrology and Earth System Sciences. 2009. Vol. 13 (10). P. 1967-1977.

6. Fracasso A. A gravity model of virtual water trade // Ecological economics. 2014. Vol. 108. P. 215-228.

7. Gleick P., Heberger M. Water and conflict: events, trends and analysis (2011-2012). The World's Water (Vol. 8): The biennial report on freshwater resources. Island Press, Washington D.C., 2014. P. 159-171.

8. Hoekstra A. The global dimension of water governance: Why the River Basin Approach Is No Longer Sufficient and Why cooperative action at global level is needed // Water. 2011. Vol. 3. No. 1. P. 21-46.

9. Horlemann L., Neubert S. Virtual water trade: a realistic concept for resolving the water crisis? Bonn: Dt. Institut für Entwicklungspolitik, 2007.

10. Malzbender D. The political implementation of the «Virtual water trade» concept: Expert statement for the research project «Virtual water trade: A realistic concept for resolving the water crises?». Paper on behalf of the German Development Institute. Bonn, 2005.

11. Mekonnen M., Hoekstra A. Water conservation through trade: the case of Kenya // Water International. 2014. Vol. 39. Issue 4. P. 451-468.

12. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009.

13. World Water Council. E-conference synthesis: Virtual water trade - conscious choices. March 2004.

STATISTICAL ANALYSIS OF SOCIAL AND ENVIRONMENTAL RISKS OF INTERNATIONAL TRADE IN VIRTUAL WATER

Elena Kopnova

Author affiliation: National Research University Higher School of Economics (Moscow, Russia). E-mail: ekopnova@hse.ru.

It is proposed methods of statistical analysis of global trade in virtual water in the context of increasing social and environmental tensions. The influence of exports and imports on indicators related to social and environmental risks was investigated on the example of the world virtual water trade flows in agricultural products. Data from websites of the World Bank and the World Trade Organization for the period from 1994 to 2011 is used in the analysis. The methodology is based on econometric modeling.

The base model represents a set of typological systems of apparently unrelated regression equations, estimated on panel data for pre-selected groups of countries. The indicators associated with indicators of social and environmental risks were used as endogenous variables in the system. Characteristics of international trade in virtual water were included in the composition of the exogenous variables. In order to determine the typological grouping of countries, their structure was analyzed in relation to the balance of export-import of agricultural products and the world trade indicators corresponding to the indicators developed under the auspices of the World Water Council.

As a result of the analysis the existence of stable groups of countries was shown. We found the countries that were either mainly exporting or importing agricultural products for these years. The share of the third considered group of countries with the varying sign of the balance of export and import amounted only to 30%. The factors influencing the formation of groups were revealed. In particular, the role water resources was shown, both in quantitative aspect, and from the perspective of efficiency of their use. For the

first group of countries a significant effect of exports on indicators of environmental pollution on agricultural products was found. For the second group the connection of import and export of agricultural products with the migration flow was shown especially notably. The overall pattern for the three groups was the fact that countries with more intensive trade flows had a lower rating of environmental sustainability.

Keywords: virtual water, international trade, international statistics, environmental risks, social risks, econometric model.

JEL: Q17; Q25; Q27.

References

1. **Ayvazyan S.A.** *Prikladnaya statistika. Osnovy ekonometriki: Uchebnik dlya vuzov*: V 2 t. 2-ye izd., ispr. – T. 1: Ayvazyan S.A., Mkhitaryan V.S. *Teoriya veroyatnostey i prikladnaya statistika* [Applied statistics. Econometrics' basics: Handbook for Higher education. 2nd edition]. Moscow, UNITY-DANA Publ., 2010. 656 p. (In Russ.).
2. **Verbeek M.** *A guide to modern econometrics*. John Wiley and Sons, Ltd (Russ. ed.: Verbeek M. *Putevoditel' po sovremennoy ekonometrike*). Moscow, Nauchnaya kniga Publ., 2008. 616 p.).
3. **Danilov-Danilyan V.I., Hranovich I.L.** *Upravleniye vodnymi resursami. Soglasovaniye strategiy vodopol'zovaniya* [Water management. Agreement on a strategy of usage]. Moscow, Nauchnyj mir Publ., 2010. 232 p. (In Russ.).
4. **Allan J.A.** «Virtual water»: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Water Issues Study Group, School of Oriental and African Studies, University of London, 1997.
5. **Dabrowski J.M., Masekoameng E., Ashton P.J.** Analysis of virtual water flows associated with the trade of maize in the SADC region: important scale. *Hydrology and Earth System Sciences*, 2009, vol. 13 (10), pp. 1967–1977.
6. **Fracasso A.** A gravity model of virtual water trade. *Ecological economics*, 2014, vol. 108, pp. 215–228.
7. **Gleick P., Heberger M.** *Water and conflict: events, trends and analysis (2011–2012)*. The World's Water (Volume 8): The biennial report on freshwater resources. Island Press, Washington D.C., 2014. P. 159–171.
8. **Hoekstra A.** The global dimension of water governance: Why the River Basin Approach Is No Longer Sufficient and why cooperative action at global level is needed. *Water*, 2011, vol. 3, no. 1. pp. 21–46.
9. **Horlemann L., Neubert S.** *Virtual water trade: a realistic concept for resolving the water crisis?* Bonn: Dt. Institut für Entwicklungspolitik, 2007.
10. **Malzbender D.** The political implementation of the «Virtual water trade» concept: Expert statement for the research project «Virtual water trade: A realistic concept for resolving the water crises?». Paper on behalf of the German Development Institute. Bonn, 2005.
11. **Mekonnen M., Hoekstra A.** Water conservation through trade: the case of Kenya. *Water International*, 2014, vol. 39, issue 4, pp. 451–468.
12. The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World. Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009.
13. World Water Council. E-conference synthesis: Virtual water trade – conscious choices. March 2004.