

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В СТРАНАХ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ РАЗВИТИЯ\*

Галина Тимофеевна ШКИПЕРОВА<sup>a,\*</sup>, Ирина Викторовна ЛУКАШОВА<sup>b</sup>,  
Василий Павлович ДРУЖИНИН<sup>c</sup>

<sup>a</sup> кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт экономики Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, Российская Федерация

shkiperova@mail.ru

<sup>b</sup> кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой математических методов и исследований операций в экономике, Кыргызско-Российский Славянский университет, Бишкек, Кыргызская Республика

ir\_lukashova@mail.ru

<sup>c</sup> аспирант кафедры экономической теории и менеджмента, Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Российская Федерация

step\_by\_step@list.ru

\* Ответственный автор

### История статьи:

Принята 26.03.2015

Одобрена 12.05.2015

УДК 332.1:502

**Ключевые слова:** окружающая среда, численность, население, моделирование

### Аннотация

**Предмет/тема.** Различные сценарии развития экономики России и других стран СНГ могут приводить к существенно различающимся экологическим последствиям, которые необходимо учитывать при принятии стратегических решений. Поэтому проблемы разработки инструментария для оценки влияния экономики на окружающую среду в странах с разным уровнем развития приобретают все большую актуальность.

**Цели/задачи.** Основной целью работы является сравнительный анализ воздействия экономического развития России и Кыргызстана на окружающую среду.

**Методология.** С помощью методов математического моделирования выполнена оценка влияния различных экономических и демографических факторов на динамику экологических показателей. Для расчетов использовались модели IPAT, STIRPAT и мультипликативные функции, построенные по типу производственных, позволяющие учесть влияние структурных сдвигов в экономике, модернизации производств и природоохранных инвестиций на показатели загрязнения окружающей среды.

**Результаты.** Выявлены существующие закономерности и построены новые математические модели, которые могут использоваться в стратегическом планировании, позволят прогнозировать возможные экологические последствия экономического роста. Показаны преимущества построенных моделей и перспективность их применения для анализа и прогнозирования влияния развития экономики на окружающую среду.

**Выводы/значимость.** В результате расчетов установлено, что рост ВВП (промышленного производства) ведет к росту загрязнений, уменьшить это влияние могут модернизация производств, изменение структуры экономики и природоохранная деятельность. В отличие от России расчеты, выполненные для Кыргызстана, свидетельствуют о влиянии на экологические показатели не только роста ВВП, но и изменения численности населения. Использование предложенных моделей позволяет не только оценить влияние экономического роста на окружающую среду в ретроспективе, но и выделить наиболее значимые факторы, способствующие снижению экологической нагрузки.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2015

### Введение

Устойчивое развитие предполагает обеспечение эколого-экономической сбалансированности, разрешение противоречий между хозяйственной

деятельностью и окружающей природной средой. Необходимость обеспечения сбалансированности связана с ограниченностью природных ресурсов и ассимиляционного потенциала природы. Различные сценарии развития экономики России и других стран СНГ могут приводить к существенно различающимся экологическим последствиям, которые необходимо

\* Статья подготовлена при финансовой поддержке РФФИ. Грант № 14-06-90105 Кыргызия\_a.

учитывать при принятии стратегических решений. Поэтому проблемы разработки инструментария для оценки влияния экономики на окружающую среду в странах с разным уровнем развития приобретают все большую актуальность. Сложность состоит в неоднозначности влияния основных факторов: численность населения может увеличиваться и уменьшаться, инвестиции могут вести к созданию новых производств, что увеличивает в той или иной степени экологическую нагрузку, а технологическая модернизация может ее существенно снизить.

Для исследования влияния отдельных факторов на динамику загрязнений предлагалось множество моделей, из которых следует выделить модели IPAT и STIRPAT. В качестве факторов в этих моделях рассматривались численность населения, валовой внутренний продукт, объем промышленного производства на душу населения, технологический уровень, а также доля промышленности и сельского хозяйства в ВВП, доля экспорта и импорта, влияние внешних шоков и др.

Эмпирических исследований, которые на систематической основе, используя панельные данные, изучают взаимосвязь между численностью населения, экономическим ростом и уровнем загрязнения, очень мало. Большинство работ посвящено исследованию на уровне одного государства и связано лишь с отдельными видами загрязнения окружающей среды (чаще всего – с выбросами  $\text{CO}_2$ ). Так, Д. Крамер [1], изучая влияние численности населения на загрязнение воздуха в штате Калифорния, установил корреляционную зависимость лишь для некоторых видов загрязняющих веществ. Результаты исследований по модели STIRPAT в разрезе различных провинций Китая показали, что наибольшее антропогенное воздействие оказывают рост численности населения и уровня доходов (ВВП на душу населения) [2, 3].

Авторы работ [4–6] исследовали в контексте модели IPAT эмиссию  $\text{CO}_2$  и потребление энергии и пришли к выводу, что рост численности населения на 1% приводит к увеличению выбросов примерно на 1% (показатели эластичности выбросов и потребления энергии близки к единице). Приведенные в работе [7] результаты исследований панельных данных по 86 странам мира подтвердили эти выводы. Кроме того, авторы выявили, что влияние численности населения на выбросы  $\text{CO}_2$  усиливается с ростом уровня урбанизации и снижением среднего размера домохозяйств как в развитых, так и в развивающихся странах.

Модель STIRPAT позволяет исследовать влияние различных факторов на загрязнение окружающей среды в разрезе стран, регионов и отдельных секторов экономики. Например, авторы работы [8], используя панельные данные по 77 странам за 1980–2000 гг., оценили прямое и косвенное влияние государственных расходов на загрязнение окружающей среды. Косвенный эффект определялся через влияние государственных расходов на доходы населения и последующее влияние уровня доходов на загрязнение окружающей среды. В результате было получено, что незначительное положительное прямое влияние госрасходы имеют только на выбросы  $\text{CO}_2$ , для выбросов  $\text{SO}_2$  характерно отрицательное воздействие. Косвенное влияние на выбросы  $\text{SO}_2$  также является отрицательным для низких уровней дохода и становится положительным по мере увеличения доходов, в то время как для выбросов  $\text{CO}_2$  оно остается отрицательным для большинства стран.

В работе [9] рассматривается взаимосвязь экономического роста и показателей загрязнения воздуха на уровне отдельных секторов экономики Италии, используются панельные данные за 1990–2007 гг. Результаты показывают, что могут наблюдаться различные тенденции: от достижения эффекта абсолютного декарпинга до прямо пропорциональной зависимости между объемом производства и выбросами в атмосферу. Развитие сферы услуг, как правило, сопровождается более выраженным снижением нагрузки на окружающую среду, чем рост производства обрабатывающей промышленности. В работе выделены наиболее проблемные сектора экономики.

Несмотря на многочисленные исследования, все же большинство из них не позволяет выделить факторы, способствующие снижению негативного воздействия на окружающую среду и поддающиеся корректировке со стороны органов государственной власти или бизнеса.

В авторском исследовании развивается новый подход, основанный на построении функций загрязнения, дополняющих существующие модели IPAT и STIRPAT. Новые модели позволяют более точно оценивать изменение экологического состояния территории в зависимости от различных факторов, отражающих развитие экономики.

#### Методы исследования

Для сравнительного анализа на данных России и Кыргызстана выполнялись расчеты с использованием

функций IPAT и STIRPAT. Модель IPAT является давно признанным и широко используемым инструментом исследования влияния деятельности человека на окружающую среду. Она была предложена в начале 1970-х гг. [10]. Многие ученые (см., например, работы [11, 12, 13]), и различные организации (ООН, Всемирный фонд дикой природы) использовали ее в качестве отправной точки для оценки взаимосвязи между численностью населения, экономическим ростом и уровнем загрязнения. Модель IPAT описывает воздействие на окружающую среду  $Z$  как мультипликативную функцию от численности населения  $N$ , уровня благосостояния  $Y$  (чаще всего используются показатели ВВП, ВРП или объем производства на душу населения) и технологического уровня  $T$  (воздействие на окружающую среду в расчете на единицу потребления или производства):

$$Z = N \times Y \times T. \quad (1)$$

По мнению ряда авторов, основное достоинство этой модели состоит в ее простоте, в том, что она позволяет четко разграничить влияние отдельных факторов [6, 15, 16]. Предполагается, что каждый из трех факторов пропорционально влияет на окружающую среду. Однако это предположение не может быть проверено самой моделью IPAT, поскольку технологический уровень  $T$  обычно определяется как воздействие на окружающую среду в расчете на единицу потребления или производства, т.е. делением известных показателей загрязнения на два других фактора: ВВП или численность населения. В связи с этим статистический анализ с показателем  $T$  невозможен, так как при построении регрессионного уравнения параметры будут равны единице. В то же время можно построить и проанализировать линейное уравнение, аналогичное уравнению (1).

Появление модели STIRPAT позволило рассматривать различные факторы, влияющие на динамику загрязнений, кроме выделенных ранее основных – численности населения, благосостояния и технологического уровня, определение которого составляет сложную задачу:

$$Z = A \times N^\alpha \times Y^\beta \times T^\gamma \times X^\eta,$$

где  $Z$  – уровень загрязнений;

$A, \alpha, \beta, \gamma, \eta$  – константы;

$N$  – численность населения;

$Y$  – ВВП на душу населения;

$T$  – технологический уровень;

$X$  – дополнительный исследуемый показатель (может быть несколько).

Как уже отмечалось, модель STIRPAT может быть применима к любой пространственной шкале: от уровня стран до отдельных городов, а также секторов экономики, к исследованию любых видов антропогенного воздействия. Кроме того, она может быть использована для прогнозирования. Путем выявления ключевых факторов воздействия на окружающую среду и их относительной значимости модель позволяет выбрать наиболее правильную политику снижения экологической нагрузки [15–17].

Для оценки влияния факторов модернизации и структурных сдвигов в экономике использовались мультипликативные функции с постоянными и меняющимися факторными эластичностями, иногда с учетом нейтрального экологического прогресса [18, 19]:

$$Z(t) = A(t) \times U_1^\mu(t) \times U_2^{-\eta}(t) \times U_3^\nu(t), \quad (2)$$

где  $t$  – год;

$A(t)$  – нейтральный экологический прогресс, который вводится через зависимость от времени (в данном случае отражает влияние структурных сдвигов и технологической модернизации в отдельных секторах);

$U_1(t)$  – фактор, отражающий развитие экономики и, как правило, отрицательно влияющий на окружающую среду (ВВП, объем промышленного производства, кумулятивные инвестиции в экономику, инвестиции в новое строительство или другие показатели);

$\mu$  – как правило, положительный параметр, отражающий влияние роста экономики;

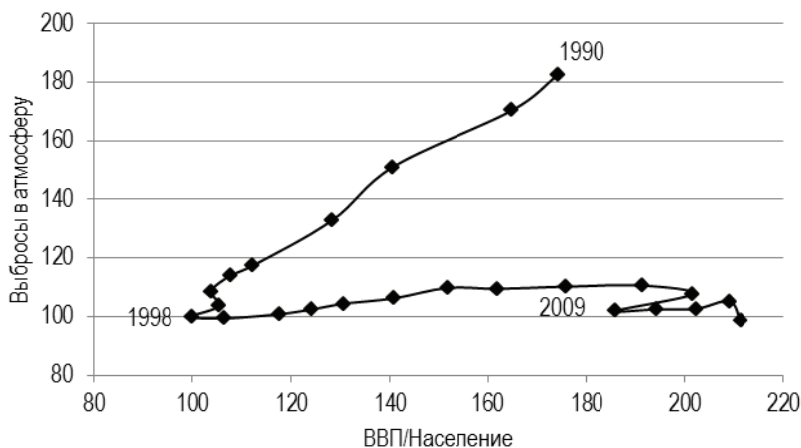
$U_2(t)$  – фактор, отражающий природоохранную деятельность и положительно влияющий на окружающую среду (природоохранные основные фонды, кумулятивные инвестиции в охрану окружающей среды в целом и по направлениям, текущие затраты на охрану окружающей среды или другие показатели);

$U_3(t)$  – фактор, отражающий изменение действующего производства и, как правило, положительно влияющий на окружающую среду (инвестиции в модернизацию производства, инвестиции в развитие «грязных» отраслей или другие показатели);

$\eta$  – параметр отрицательный, поскольку с ростом природоохранных показателей загрязнения снижаются;

Рисунок 1

Взаимосвязь ВВП на душу населения в РФ и выбросов в атмосферу в 1990–2013 гг. к 1998 г., %



$\nu$  – обычно отрицательный параметр, поскольку модернизация ведет, как правило, к снижению загрязнений.

Использование подобных функций загрязнения ранее было апробировано в работах [18–20], а также при оценке влияния развития экономики на динамику выбросов парниковых газов в РФ [21].

Информация для расчетов получена из статистических справочников по РФ<sup>1</sup> и Кыргызской Республике<sup>2</sup>, использовались данные сайтов Росстата, Национального статистического комитета Кыргызской Республики и Межгосударственного статистического комитета СНГ. Была собрана информация по динамике следующих экономических и экологических показателей: ВВП и его отраслевая структура, инвестиции и их структура, динамика численности населения, выбросы в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников, сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы, образование токсичных отходов и некоторые другие. Основная проблема состояла в построении рядов сопоставимых данных по экономическим показателям (данные по ВВП и инвестициям рассматривались в ценах 2008 г.). При анализе данных по РФ рассматривались показатели за 1990–2013 гг., а по Кыргызской Республике – за 1995–2013 гг. Выбор периода обусловлен

<sup>1</sup> Основные показатели охраны окружающей среды. стат. сб. М.: Росстат, 2013. 113 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели: стат. сб. М.: Росстат, 2013. 990 с.

<sup>2</sup> Кыргызстан в цифрах: стат. сб. Бишкек: НСККР, 2014. 327 с.; Охрана окружающей среды в Кыргызской Республике. 2000–2006: стат. сб. Бишкек: НСККР, 2008. 128 с.; Окружающая среда в Кыргызской Республике. 2008–2012: стат. сб. Бишкек: НСККР, 2013. 67 с.; Статистический ежегодник Кыргызской Республики. 2008–2012: стат. сб. Бишкек: НСККР, 2013. 414 с.

наличием статистических данных и возможностью построения сопоставимых рядов с учетом изменений в статистическом учете.

#### Анализ результатов расчетов по моделям IPAT и STIRPAT

Графики зависимости выбросов в атмосферу от развития экономики РФ показывают, что необходимо выделять два периода (рис. 1–3). В первом периоде (1990–1998 гг.) выбросы существенно падают, практически пропорционально снижению ВВП на душу населения, численность населения и технологический уровень меняются незначительно. Можно сказать, что их влияние очень слабо или даже отсутствует. Во втором периоде (1998–2013 гг.) выбросы немного растут до 2007 г. (примерно на 10%), а затем снижаются до прежнего уровня. При этом быстро растет ВВП на душу населения, но влияние этого показателя компенсируется снижением численности населения и ростом технологического уровня. В первом периоде падение производства примерно на 40% объясняет чуть большее снижение выбросов в атмосферу, во втором стабилизация выбросов может объясняться технологическими изменениями. Влияние изменения численности населения, скорее всего, несущественно для РФ. Соответственно, для первого периода линейное уравнение зависимости выбросов в атмосферу от ВВП имеет достаточно хорошие статистические характеристики:  $R^2 = 0,99$ ,  $F = 771$ . Влияние других факторов есть, но оно менее заметно.

Во втором периоде влияние роста производства компенсируется технологическими изменениями. Поскольку эти два фактора определяются схожим образом, то статистические характеристики уравнения достаточно высокие ( $R^2 = 0,99$ ,  $F = 2\,439$ ),



Рисунок 2

Взаимосвязь численности населения в РФ и выбросов в атмосферу в 1990–2013 гг. к 1998 г., %

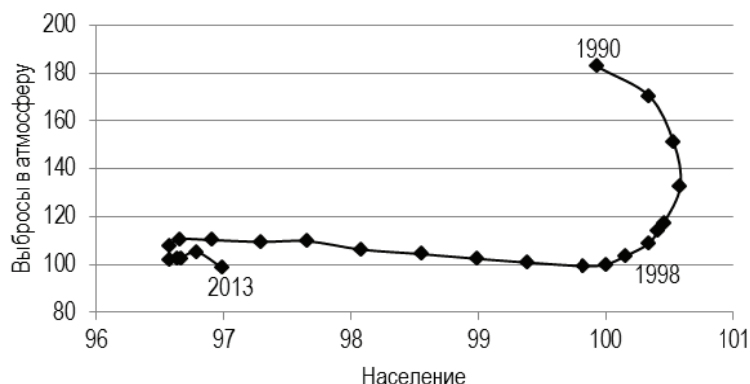
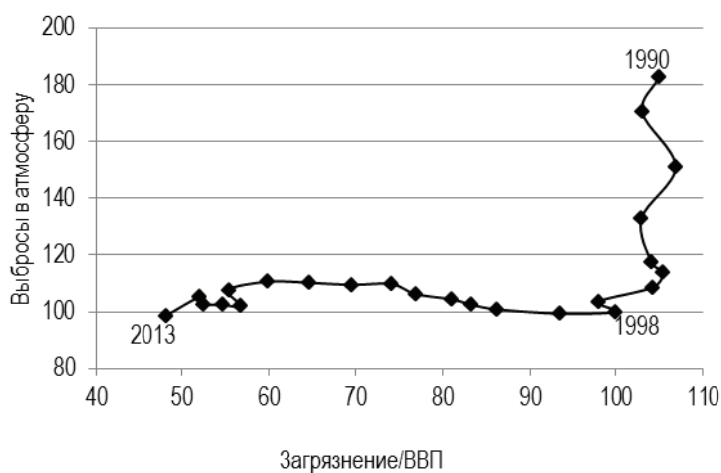


Рисунок 3

Взаимосвязь технологического уровня и выбросов в атмосферу в РФ в 1990–2013 гг. к 1998 г., %



но оно ничего не объясняет. Необходимо строить модель, учитывающую структурные сдвиги и модернизацию экономики.

Расчеты по модели IPAT с использованием в качестве экологических показателей сброса загрязненных сточных вод и образования отходов дают схожий результат.

*Идентификация модели IPAT для Кыргызстана.* Основными источниками загрязнения атмосферы в Кыргызстане являются предприятия энергетики, горнодобывающей промышленности, коммунального хозяйства и автомобильный транспорт. Причем в последние годы структура выбросов несколько изменилась, преобладающий вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха вносят выбросы от автотранспорта. По экспертной оценке, более 80% основных загрязняющих веществ поступает в атмосферный воздух от передвижных источников. Однако в официальной статистике

расчеты по выбросам от передвижных источников не ведутся, поэтому при оценке на данном этапе рассматривались только выбросы от стационарных источников. В некоторых расчетах использовались сглаженные данные, поскольку, например, в 2009 г. рост выбросов в целом по республике в три раза обусловлен разовым включением в статистические данные выбросов ОАО «Кыргызнефтегаз» в размере 79,4 тыс. т<sup>3</sup>.

На графике взаимосвязи выбросов в атмосферу и ВВП на душу населения Кыргызстана (рис. 4) можно выделить две тенденции, каждая из которых приблизительно описывается линейной зависимостью. В 1995–1999 гг. при росте экономики на 24,6% выбросы в атмосферу снижаются на 44,8%. После 1999 г. наблюдается тенденция некоторого

<sup>3</sup> Об одобрении Национального доклада о состоянии окружающей среды Кыргызской Республики за 2006–2011 годы: постановление Правительства Кыргызской Республики от 07.08.2012 № 553.

увеличения выбросов при дальнейшем росте ВВП. В 2013 г. объем выбросов в атмосферу вырос на 26,2% к уровню 1999 г. и снизился на 29,1% к уровню 1995 г. Объем ВВП на душу населения за весь период 1995–2013 гг. увеличился в 1,8 раза (в сопоставимых ценах 2008 г.). Численность населения Кыргызстана за 1995–2013 гг. выросла на 25,7%, график взаимосвязи с выбросами в атмосферу имеет похожий вид с графиком, представленным на рис. 4, отличающийся лишь темпами роста населения. Зависимость для обоих периодов описывается линейными уравнениями с хорошими статистическими характеристиками, но для первого периода (1995–1999 гг.) не является достоверной из-за короткого ряда данных. Для второго периода рост выбросов частично объясняется развитием экономики, частично – ростом численности населения. Таким образом, в отличие от данных по России расчеты для Кыргызстана свидетельствуют о влиянии на выбросы в атмосферу не только роста ВВП, но и изменения численности населения.

Общий объем использования воды в Кыргызстане за рассматриваемый период снизился на 26,3% и составил в 2013 г. 5 114 млн м<sup>3</sup> при общем водозаборе 8 326,8 млн м<sup>3</sup>. Основная часть (более 90%) забираемой воды традиционно используется для орошения и сельскохозяйственного водоснабжения, около 5% – для хозяйственно-питьевых нужд и менее 2% – для производственных нужд. Данная структура потребления сохраняется на протяжении всего исследуемого периода.

Общий объем сброса сточных вод варьируется в широком диапазоне: 1 177 млн м<sup>3</sup> в 1995 г., 2 270 млн м<sup>3</sup> в 2002 г. и 113,5 млн м<sup>3</sup> в 2013 г. Сброс загрязненных сточных вод изменялся в пределах от 0,9 млн м<sup>3</sup>

(1995 г.) до 20 млн м<sup>3</sup> (2007 г.) и составил 4,9 млн м<sup>3</sup> в 2013 г. Основными источниками сброса являются сельскохозяйственные, промышленные предприятия и муниципальные системы канализации. Большая разница между показателями водозабора и сброса сточных вод в немалой степени объясняется отсутствием достоверной информации по объему сброса от сельскохозяйственной деятельности. Основными источниками загрязнения водных объектов являются неорганизованные сбросы с сельскохозяйственных объектов и сточные воды с полей, которые не учитываются в официальных данных. Также не ведется учет объемов отведения шахтно-рудничных вод горнодобывающих предприятий.

График зависимости ВВП на душу населения Кыргызстана и сбросов загрязненных сточных вод имеет форму, напоминающую классическую экологическую кривую Кузнецца (рис. 5). Кривая описывается полиномом второй или третьей степени, но статистические характеристики достаточно низкие. Объем сбросов сначала растет, а затем начинает снижаться, проходя определенный максимум (turning point). Точка перегиба кривой приблизительно соответствует 3,8 м<sup>3</sup> сбросов на душу населения и объему ВВП на душу населения в размере 35,69 тыс. сомов/чел. (1 989 долл./чел. по паритету покупательной способности). Зависимость от численности населения и технологического уровня имеет похожую форму. Тождество IPAT в данном случае можно использовать при построении линейного уравнения, описывающего отдельно левую или правую ветвь экологической кривой Кузнецца. Однако для более точной оценки необходимо исследовать структуру сбросов, включенных в

Рисунок 4

Взаимосвязь ВВП на душу населения Кыргызстана и выбросов в атмосферу в 1995–2013 гг. к 1995 г., %

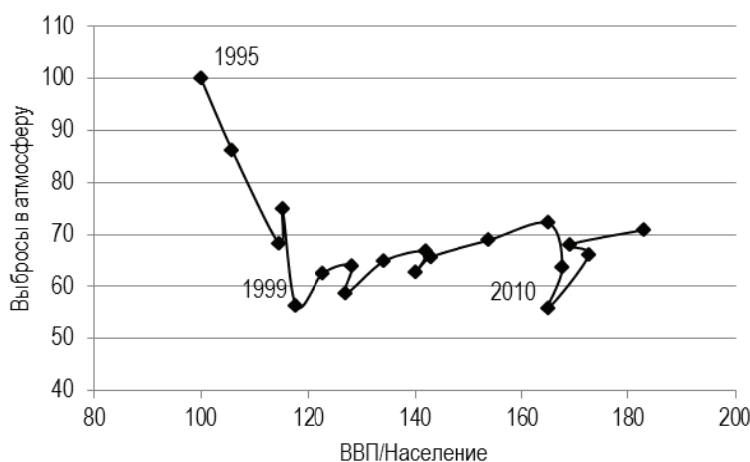
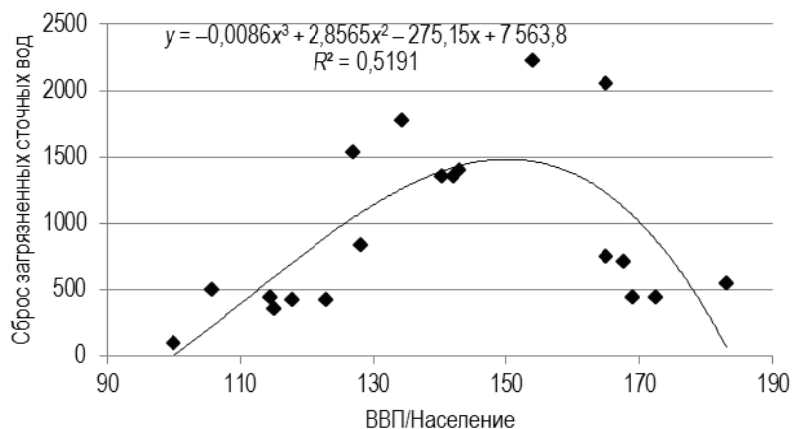


Рисунок 5

Взаимосвязь ВВП на душу населения Кыргызстана и сбросов загрязненных сточных вод в 1995–2013 гг. к 1995 г., %



официальные статистические данные, динамику изменения структуры экономики и другие факторы, способствующие снижению уровня загрязнения во втором периоде.

Согласно статистическим данным, общий объем накопленных и ежегодно образующихся отходов в Кыргызстане увеличивается, растут площади земель, отведенных под их захоронение, и это на фоне слабо развитой системы сокращения образования и повторного использования отходов, внедрения малоотходных технологий. Данные по отходам рассматривались за 1997–2013 гг., т.е. после изменений в их учете и классификации. Основной объем токсичных отходов составляют отходы IV класса опасности, к которым относятся отходы горнодобывающей промышленности. Соответственно, основную массу токсичных отходов (93–97%) образует золотодобывающее предприятие месторождения «Кумтор». Динамика образования токсичных отходов в 1997–2013 гг.

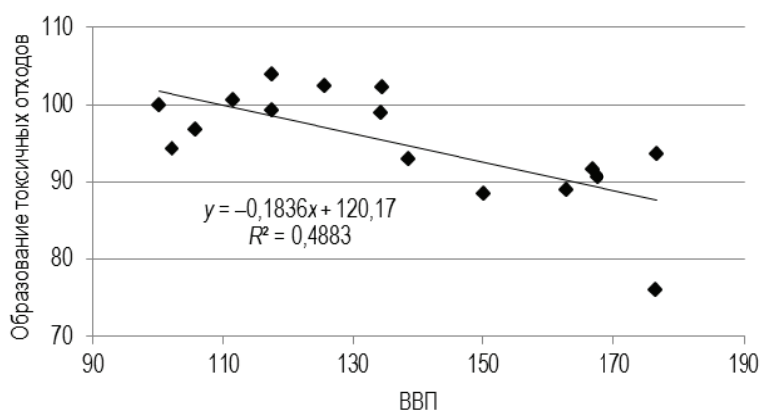
характеризуется разными тенденциями. В начале периода (1997–1999 гг.) отходы снижаются на 4–5% ежегодно, затем растут (2000–2004 гг.) на 3,4%, далее снова снижаются и в 2012 г. составляют 76,1% к уровню 1997 г. В 2013 г. объем образования токсичных отходов достиг максимального значения за весь период и составил 7 957,3 тыс. т, что на 66,7% больше уровня предыдущего года и на 26,9% превышает показатели 1997 г.

Графики зависимости образования токсичных отходов от ВВП, населения и технологического уровня показывают, что основное влияние оказывает динамика ВВП. Взаимосвязь ВВП и образования токсичных отходов без учета данных за 2013 г. может быть приблизительно описана линейным уравнением (рис. 6).

Аналогичные расчеты в разрезе двух стран выполнялись и с использованием модели STIRPAT. На основе анализа зарубежной литературы были выделены основные факторы, которые могут

Рисунок 6

Взаимосвязь ВВП Кыргызстана и объема образования токсичных отходов к 1997 г., %



оказывать влияние на динамику показателей загрязнения в России и Кыргызстане. В частности, в контексте модели STIRPAT исследовалось влияние таких факторов: динамика численности городского населения, уровень урбанизации (доля городского населения), динамика промышленного производства, доля промышленности в ВВП, доля сельского хозяйства в ВВП, доля добычи полезных ископаемых в ВВП, энергопотребление (электропотребление), энергопотребление на единицу ВВП, объем экспорта, отношение экспорта к ВВП, доля экспорта топливно-энергетических ресурсов. По всем показателям были собраны статистические данные, построены и проанализированы графики зависимости. Полученные результаты схожи с оценками по функции IPAT. Например, построенные на российских данных графики зависимости выбросов в атмосферу от практически всех перечисленных показателей имеют точку перелома тенденции в 1998 г. При проведении расчетов также рассматривались два отдельных периода – с 1990 по 1998 г. и с 1998 по 2013 г. Если для первого периода (периода спада экономики) было выделено несколько факторов, которые влияли или могли влиять на динамику выбросов в атмосферу, то для второго периода влияние этих факторов было слабым, оно компенсировалось другими факторами. Определяющее влияние оказывали ВВП, объем промышленного производства, потребление электроэнергии и доля добычи полезных ископаемых в ВВП. Рост этих факторов ведет к росту загрязнений. Уменьшить это влияние могут модернизация производства, изменение структуры экономики и природоохранная деятельность. Изменение демографических показателей для России по-прежнему остается незначимым фактором, в то время как для Кыргызстана наблюдается определенная зависимость уровня загрязнения от численности населения.

#### **Оценка влияния структурных сдвигов и модернизации экономики России по функциям загрязнения**

Проведенные по данным РФ расчеты за период роста экономики (1998–2013 гг.) показали, что динамика ВВП не полностью объясняет изменение уровня загрязнений. Факторы, которые использовались ранее в моделях по другим странам, также не дают приемлемого объяснения. В связи с этим была высказана гипотеза о необходимости учета дополнительных факторов: структурных сдвигов в экономике, модернизации производств

и природоохранной деятельности. Для учета природоохранной деятельности использовались инвестиции в охрану окружающей среды (в целом или по направлениям). Модернизацию экономики отражает имеющийся в российской статистике показатель – динамика инвестиций в модернизацию экономики (ранее – на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий). Для определения влияния структурных сдвигов вводится понятие нейтрального экологического прогресса –  $A(t)$  в функции (2), который связан с изменением уровня загрязнения, зависящим от времени или других факторов.

Анализ структуры загрязнений по видам деятельности показал, что в РФ промышленность дает 78% сбросов загрязненных сточных вод и 85% выбросов в атмосферу от стационарных источников. Влияние динамики населения на изменение загрязнений практически отсутствует. Поскольку промышленность является основным загрязнителем, то логично строить функцию загрязнения на основе динамики развития промышленного производства. В период спада российской экономики уменьшается и объем выбросов, причем когда в середине 1990-х гг. спад производства замедляется, уменьшение выбросов продолжается. Значит, в эти годы уже начинают сказываться факторы, способствующие улучшению экологической ситуации.

Проведенные расчеты на данных РФ по формуле (2) по выбросам в атмосферу за 1990–1998 гг. показали значимость одного фактора – промышленного производства. Влияние природоохранных кумулятивных инвестиций и инвестиций в модернизацию оказалось незначимым. Частично это определяется тем, что для данного периода невозможно использовать кумулятивные инвестиции с лагом в несколько лет, поскольку данные 1980-х гг. вряд ли сопоставимы, а по экологическим инвестициям недоступны. Расчеты для второго периода показали, что в соответствии с полученными результатами рост промышленного производства на 1% увеличивает выбросы на 0,31%, рост инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1% снижает выбросы на 0,077% (см. таблицу). Влияние природоохранных кумулятивных инвестиций за 3 года с лагом в 4 года оказалось незначительным, частично это объясняется их существенными колебаниями по годам. Влияние модернизации и структурных сдвигов, которые учитывает нейтральный экологический прогресс, уменьшало выбросы на 1,4% в год.



**Результаты расчетов по выбросам в атмосферу в Российской Федерации**

Период	$\mu$	$\eta$	$\nu$	$\rho$	$A$	$R^2$	$F$
1990–1998 гг.	0,675 (12,6)	–	–	–	4,63	0,96	158,9
1998–2013 гг.	0,308 (4,9)	0,077 (–2,0)	–	–0,014 (–4,2)	46,29	0,67	9,7

**Примечание.** В скобках приведена *t*-статистика

Аналогичные расчеты для РФ по токсичным отходам проводились за 1994–2012 гг. На основе предварительного анализа данных установлено, что этот процесс хорошо описывает двухфакторная функция с нулевой степенью однородности ( $\mu = \eta$ ) и ненулевым нейтральным экологическим прогрессом. В результате расчетов при хороших статистических характеристиках ( $R^2 = 0,86$ ,  $F = 48,8$ ) было получено:  $\mu = \eta = 0,79$  и  $\rho = -0,015$ . Это означает, что рост производства на 1% ведет к росту объема образования токсичных отходов на 0,79%, рост кумулятивных инвестиций в охрану природы на 1% ведет к уменьшению объема отходов на 0,79%, а структурные сдвиги в экономике и модернизация производства ежегодно способствуют уменьшению объема образования отходов на 1,5%.

**Выводы**

Выполненный сравнительный анализ влияния развития экономики двух стран на окружающую среду позволяет сделать вывод о том, что на основе моделей IPAT и STIRPAT можно построить уравнения, которые достаточно хорошо объясняют изменения в период спада российской экономики в 1990–1998 гг. Для периода роста надо строить другие, более сложные уравнения с дополнительными переменными. Из большого числа исследованных факторов только динамика ВВП и промышленного производства оказывают существенное воздействие и частично объясняют влияние экономических процессов на динамику загрязнений в России. Расчеты для Кыргызстана показывают, что на отдельные показатели загрязнения окружающей среды влияет также изменение отдельных демографических факторов. Так, влияние ВВП и численности населения на выбросы в атмосферу для Кыргызстана практически одинаково. Ситуация со сбросом загрязненных сточных вод, по предварительной оценке, вполне благополучна, зависимость может быть описана моделями, подтверждающими гипотезу экологической кривой Кузнецца. Однако оценку, выполненную только по официальным статистическим данным, нельзя считать достоверной, поскольку в настоящее время

статистикой Кыргызстана не учитываются сбросы воды с орошаемых полей и неорганизованные сбросы от сельскохозяйственных объектов, являющихся основными источниками загрязнения поверхностных водоемов в республике.

Основной объем токсичных отходов в Кыргызстане согласно статистическим данным образуют золотодобывающие предприятия. В России горные отходы относятся к V классу опасности – практически не опасные. Расчеты для Кыргызстана без учета объемов образования горных отходов также свидетельствуют о значимости демографических факторов.

Использование функций загрязнения позволяет учесть влияние модернизации, структурных сдвигов в экономике и природоохранной деятельности. Проведенные на российских данных расчеты подтвердили, что в первой половине 1990-х гг. изменение экологических показателей определяется спадом производства, хотя, возможно, и в меньшей степени, чем получается по результатам расчетов, но из-за отсутствия данных получить более точные оценки невозможно. Во втором периоде, с конца 1990-х гг. роста загрязнений из-за роста производства не происходит – он компенсируется модернизацией производства и структурными сдвигами в экономике. Влияние инвестиций в охрану окружающей среды оказалось менее значимым фактором. Путем изменения в определенных направлениях инвестиционной и структурной политики можно получить различные сценарии воздействия развития экономики на экологические показатели.

Таким образом, полученные оценки параметров функций загрязнения позволяют не только оценить влияние экономического роста на окружающую среду в ретроспективе, но и выделить наиболее значимые факторы, способствующие снижению экологической нагрузки. Построенные по ретроспективным данным модели могут быть использованы в стратегическом планировании отдельных стран и регионов для оценки экологических последствий изменения основных экономических и демографических показателей.

### Список литературы

1. *Cramer J.C.* Population Growth and Air Quality in California // *Demography*. 1998. Vol. 35. P. 45–56.
2. *Dai H., Sun T., Zhang K., Guo W.* Research on Rural Nonpoint Source Pollution in the Process of Urban-Rural Integration in the Economically-Developed Area in China Based on the Improved STIRPAT Model // *Sustainability*. 2015. Vol. 7. P. 782–793.
3. *Jia J., Deng H., Duan J., Zhao J.* Analysis of the major drivers of the ecological footprint using the STIRPAT model and the PLS method-A case study in Henan Province, China // *Ecological Economics*. 2009. Vol. 68. P. 2818–2824.
4. *Rosa E.A., York R., Dietz T.* Tracking the Anthropogenic Drivers of Ecological Impacts // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 2004. Vol. 33. P. 509–512.
5. *York R.* De-Carbonization in Former Soviet Republics, 1992–2000: The Ecological Consequences of De-Modernization // *Social Problems*. 2008. Vol. 55. Iss. 3. P. 370–390.
6. *York R., Rosa E.A., Dietz T.* STIRPAT, IPAT and ImPACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts // *Ecological Economics*. 2003. Vol. 46. Iss. 3. P. 351–365.
7. *Neumayer E.* Examining the impact of demographic factors on air pollution // *Population and Environment*. 2004. Vol. 26. № 1. P. 5–21.
8. *Halkos G.E., Paizanos E.A.* The effect of government expenditure on the environment: An empirical investigation // *Ecological Economics*. 2013. Vol. 91. P. 48–56.
9. *Marin G., Mazzanti M.* The evolution of environmental and labor productivity dynamics. URL: [http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=massimiliano\\_mazzanti1](http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=massimiliano_mazzanti1).
10. *Ehrlich P.R., Holdren J.P.* Impact of population growth // *Science*. 1971. Vol. 171. № 3977. P. 1212–1217.
11. *Gans O., Jöst F.* Decomposing the Impact of Population Growth on Environmental Deterioration. URL: <http://www.uni-heidelberg.de/md/awi/forschung/dp422.pdf>.
12. *Lantz V., Feng Q.* Assessing income, population, and technology impacts on CO<sub>2</sub> emissions in Canada: Where's the EKC? // *Ecological Economics*. 2006. Vol. 57. № 2. P. 229–238.
13. *Shi A.* The Impact of Population Pressure on Global Carbon Dioxide Emissions, 1975–1996: Evidence from Pooled Cross-Country Data // *Ecological Economics*. 2003. Vol. 44. № 1. P. 24–42.
14. *Chertow M.* The IPAT and its variants: Changing views of technology and environmental impact // *Journal of Industrial Ecology*. 2001. Vol. 4. P. 13–29.
15. *Dietz S., Neumayer E.* Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement // *Ecological Economics*. 2007. Vol. 61. P. 617–626.
16. *Wei T.* What STIRPAT tells about effects of population and affluence on the environment? // *Ecological Economics*. 2011. Vol. 72. P. 70–74.
17. *Knight K., Rosa E.A.* The Environmental Efficiency of Well-Being: A Cross-National Analysis // *Social Science Research*. 2011. Vol. 40. P. 931–949.
18. *Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Морошкина М.В.* Влияние развития экономики на окружающую среду: моделирование и анализ расчетов. Петрозаводск: ИЭ КНЦ РАН, 2010. 119 с.
19. *Дружинин П.В.* Об оценке влияния развития экономики на окружающую среду // *Экономика и математические методы*. 2010. № 4. С. 3–11.
20. *Молчанова Е.В., Кручек М.М.* Эконометрический подход к построению рейтинговых оценок территорий (на примере Республики Карелия) // *Экономический анализ: теория и практика*. 2014. № 3. С. 56–62.
21. *Шкиперова Г.Т., Дружинин П.В.* Оценка влияния климатических изменений на экономику российских регионов // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2014. № 34. С. 43–50.

**THE IMPACT OF ECONOMY ON THE ENVIRONMENT IN COUNTRIES WITH DIFFERENT LEVEL OF DEVELOPMENT: A COMPARATIVE ANALYSIS**

**Galina T. SHKIPEROVA<sup>a,\*</sup>, Irina V. LUKASHOVA<sup>b</sup>, Vasilii P. DRUZHININ<sup>c</sup>**

<sup>a</sup> Institute of Economics, Karelian Research Centre of RAS, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation  
shkiperova@mail.ru

<sup>b</sup> Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek, Kyrgyz Republic  
ir\_lukashova@mail.ru

<sup>c</sup> Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Republic of Karelia, Russian Federation  
step\_by\_step@list.ru

\* Corresponding author

**Article history:**

Received 26 March 2015

Accepted 12 May 2015

**Keywords:** economic development, advancement, environment, population, modeling

**Abstract**

**Importance** Different scenarios of economic development of Russia and other CIS countries may lead to significantly different ecological consequences, which should be considered in strategic decision-making. Therefore, devising the tools to assess the impact of economy on the environment in countries with different levels of economic development acquires greater relevance.

**Objectives** The purpose of the study is to perform a comparative analysis of the impact of economic development on the environment of Russia and Kyrgyzstan.

**Methods** Using the methods of mathematical modeling, we estimate the impact of various economic and demographic factors on the environment. To assess the impact of GDP and population on the environment, we applied IPAT and STIRPAT models, and multiplicative functions enabling to consider the effect of structural changes in the economy, production modernization and environmental investments on environment.

**Results** We have identified a number of mutual relations between the economic growth and environmental quality in Russia and Kyrgyzstan, designed new mathematical models that can be used in strategic planning to predict possible environmental consequences of economic growth. We show the advantages and possibility of applying these models to analyze and forecast the effects of economic development on environment.

**Conclusions and Relevance** The GDP growth (industrial production) leads to increased pollution. The factors contributing to this influence reduction are the technical modernization, structural changes in the economy, and environmental activities. As opposed to Russia, the calculations made for Kyrgyzstan show that not only the GDP but also changes in the population have an impact on environmental performance. The proposed models help assess the impact of economic growth on the environment and highlight the most significant factors contributing to environmental pressure reduction.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2015

**Acknowledgments**

The article was supported by the Russian Foundation for Basic Research, grant No. 14-06-90105 Киргизия\_a.

**References**

1. Cramer J.C. Population Growth and Air Quality in California. *Demography*, 1998, vol. 35, pp. 45–56.
2. Dai H., Sun T., Zhang K., Guo W. Research on Rural Nonpoint Source Pollution in the Process of Urban-Rural Integration in the Economically-Developed Area in China Based on the Improved STIRPAT Model. *Sustainability*, 2015, vol. 7, pp. 782–793.
3. Jia J., Deng H., Duan J., Zhao J. Analysis of the major drivers of the ecological footprint using the STIRPAT model and the PLS method – A case study in Henan Province, China. *Ecological Economics*, 2009, vol. 68, pp. 2818–2824.
4. Rosa E.A., York R., Dietz T. Tracking the Anthropogenic Drivers of Ecological Impacts. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2004, vol. 33, pp. 509–512.

5. York R. De-Carbonization in Former Soviet Republics, 1992–2000: The Ecological Consequences of De-Modernization. *Social Problems*, 2008, vol. 55, iss. 3, pp. 370–390.
6. York R., Rosa E.A., Dietz T. STIRPAT, IPAT and ImpACT: analytic tools for unpacking the driving forces of environmental impacts. *Ecological Economics*, 2003, vol. 46, iss. 3, pp. 351–365.
7. Neumayer E. Examining the impact of demographic factors on air pollution. *Population and Environment*, 2004, vol. 26, no. 1, pp. 5–21.
8. Halkos G.E., Paizanos E.A. The effect of government expenditure on the environment: An empirical investigation. *Ecological Economics*, 2013, vol. 91, pp. 48–56.
9. Marin G., Mazzanti M. The evolution of environmental and labor productivity dynamics. Available at: [http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=massimiliano\\_mazzanti1](http://works.bepress.com/cgi/viewcontent.cgi?article=1027&context=massimiliano_mazzanti1).
10. Ehrlich P.R., Holdren J.P. Impact of population growth. *Science*, 1971, vol. 171, no. 3977, pp. 1212–1217.
11. Gans O., Jöst F. Decomposing the Impact of Population Growth on Environmental Deterioration. Available at: <http://www.uni-heidelberg.de/md/awi/forschung/dp422.pdf>.
12. Lantz V., Feng Q. Assessing income, population, and technology impacts on CO<sub>2</sub> emissions in Canada: where's the EKC? *Ecological Economics*, 2006, vol. 57, no. 2, pp. 229–238.
13. Shi A. The Impact of Population Pressure on Global Carbon Dioxide Emissions, 1975–1996: Evidence from Pooled Cross-Country Data. *Ecological Economics*, 2003, vol. 44, no. 1, pp. 29–42.
14. Chertow M. The IPAT and its variants: changing views of technology and environmental impact. *Journal of Industrial Ecology*, 2001, vol. 4, pp. 13–29.
15. Dietz S., Neumayer E. Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. *Ecological Economics*, 2007, vol. 61, pp. 617–626.
16. Wei T. What STIRPAT tells about effects of population and affluence on the environment? *Ecological Economics*, 2011, vol. 72, pp. 70–74.
17. Knight K., Rosa E.A. The Environmental Efficiency of Well-Being: A Cross-National Analysis. *Social Science Research*, 2011, vol. 40, no. 3, pp. 931–949.
18. Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Moroshkina M.V. *Vliyaniye razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu: modelirovaniye i analiz raschetov* [The effect of economic development on the environment: modeling and analysis of calculations]. Petrozavodsk, Institute of Economics, Karelian Research Centre of RAS Publ., 2010, 119 p.
19. Druzhinin P.V. Ob otsenke vliyaniya razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu [Assessing the impact of economic development on the environment]. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2010, no. 4, pp. 3–11.
20. Molchanova E.V., Kruchek M.M. Ekonometricheskii podkhod k postroeniyu reitingovykh otsenok territorii (na primere Respubliki Kareliya) [The econometric approach to building the ratings of territories (the Republic of Karelia case)]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2014, no. 3, pp. 56–62.
21. Shkiperova G.T., Druzhinin P.V. Otsenka vliyaniya klimaticheskikh izmenenii na ekonomiku rossiiskikh regionov [Assessing the impact of climate change on the economy of Russian regions]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2014, no. 34, pp. 43–50.