

УДК 332.1:502.15

## Экологическая кривая Кузнецца: случай России и Финляндии

**Дружинин Павел Васильевич**

Доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник,  
Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук,  
185030, Российская Федерация, Петрозаводск, просп. Александра Невского, 50;  
e-mail: pdruzhinin@mail.ru

**Шкиперова Галина Тимофеевна**

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,  
Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук,  
185030, Российская Федерация, Петрозаводск, просп. Александра Невского, 50;  
e-mail: shkiperova@mail.ru

**Поташева Ольга Вячеславовна**

Кандидат экономических наук, научный сотрудник,  
Институт экономики Карельского научного центра Российской академии наук,  
185030, Российская Федерация, Петрозаводск, просп. Александра Невского, 50;  
e-mail: ovpotash79@gmail.com

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Исследование влияния развития экономики российских регионов на окружающую среду» №17-02-00449а.

### Аннотация

В статье рассматривается влияние развития экономики на окружающую среду в РФ и Финляндии на примере выбросов  $SO_2$  и сбросов азота. Строятся модели, проведены расчеты для объяснения улучшения экологической ситуации при росте экономики. Показано, что динамика экологических показателей в РФ и Финляндии близка, хотя уровень загрязнений на единицу ВВП сильно различается. Факторы, определяющие динамику загрязнений, почти совпадают, но степень их влияния заметно отличается. Проведенное исследование позволило объяснить улучшение экологических показателей при росте экономики, выявить факторы, ведущие к улучшению состояния окружающей среды. Наиболее важным оказался рост вложений в машины и оборудование, который связан с активной модернизацией экономики. Проведенное исследование позволило объяснить улучшение экологических показателей при росте экономики, выявить факторы, ведущие к улучшению состояния окружающей среды. Наиболее важным оказался рост вложений в машины и оборудование, который связан с активной модернизацией экономики, этот фактор оказался значим для всех четырех рассмотренных примеров, как для Финляндии, так и для РФ. Важность экологической политики показывает то, что природоохранные инвестиции в трех примерах влияют на экологическую ситуацию, хотя статистически значимость данного показателя невелика. Для РФ большое влияние оказали структурные сдвиги.

**Для цитирования в научных исследованиях**

Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Экологическая кривая Кузнецца: случай России и Финляндии // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2018. Том 8. № 11А. С. 83-97.

**Ключевые слова**

Экономический рост, модернизация, структурные сдвиги, загрязнение окружающей среды, экологическая кривая Кузнецца

**Введение**

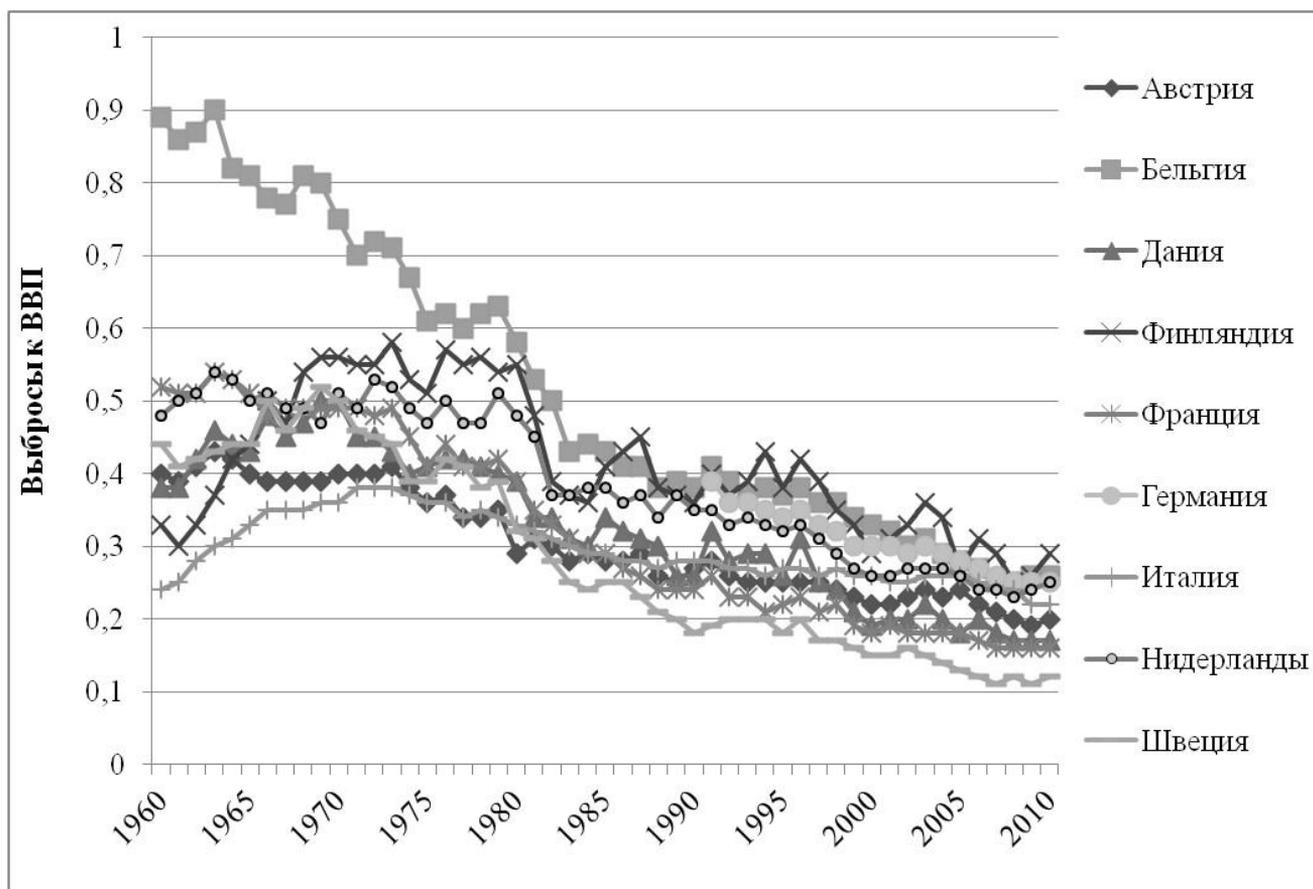
Развитие экономики связано с созданием новых производств и расширением существующих и, как правило, ведет к ухудшению экологической ситуации, возрастанию концентрации вредных веществ в воздухе и воде [Глазырина, 2005; Бобылев, 2007]. Даже если предприятие будет заниматься образовательной или медицинской деятельностью, оно будет потреблять электро и теплоэнергию, что потребует увеличения их производства и приведет к увеличению выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и сбросов сточных вод. Рост доходов населения ведет к увеличению количества автомобилей, что также способствует росту загрязнения окружающей среды. В то же время исследования взаимосвязи развития экономики и состояния окружающей среды показали, что ее рост при определенном уровне развития технологий сопровождается уменьшением воздействия на окружающую среду [Galeotti и др., 2006].

Анализ данных привел к появлению гипотезы, что под воздействием структурных сдвигов и модернизации экономики с ростом валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения до определенного уровня объем загрязнений на душу населения растет, а затем снижается и данная зависимость описывается экологической кривой Кузнецца (ЭКК), которая представляет перевернутую U-образную кривую [Selden и др., 1994; Panayotou, 1997]. Было показано, что инновационная деятельность может вести не только к росту экономики, но и к снижению нагрузки на окружающую среду [Гурман, 2003]. На рисунке 1 продемонстрировано, что до конца 1970-х годов в большинстве развитых стран ЕС (кроме Бельгии) с ростом экономики еще быстрее росли выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу, а начиная с 1980-х годов рост экономики стал опережать рост выбросов, а в нескольких странах рост экономики сопровождался снижением выбросов углекислого газа. На рисунке 2 видно, что максимальных значений выбросы достигают в 1970-х годах, а затем медленно начинают снижаться, хотя рост экономики продолжился. Наиболее заметное снижение произошло в Германии после объединения двух немецких государств.

**Основная часть**

Множество исследований посвящено выявлению факторов, связанных с воздействием экономики на окружающую среду, и оценке их влияния. В развитых странах и в Китае чаще анализируется влияние различных факторов на выбросы парниковых газов, прежде всего CO<sub>2</sub>, меньше внимания уделяется выбросам других веществ и другим видам загрязнений [Mazzanti и др., 2010; Wang P. и др., 2013]. Для оценки влияния развития экономики на окружающую среду в 1990-х годах были предложены специальные модели STIRPAT, которые в дальнейшем

дорабатывались, что позволило от трех основных факторов (численность населения, богатство, технологический уровень) перейти к исследованию множества других [Dietz и др, 1994].



**Рисунок 1 – Динамика отношения выбросов CO<sub>2</sub> к ВВП стран ЕС (млн т/млрд евро)**

Для объяснения эффекта улучшения экологической ситуации при росте экономики в некоторых работах были предложены теоретические модели ЭКК [Bertinella и др., 2008; Müller-Fürstenberger и др, 2007]. Зависимость выбросов от роста ВВП в форме ЭКК обычно оценивается по панельным данным по странам по квадратичной функции, хотя иногда используются и более сложные функции, поскольку снижение выбросов, как правило, замедляется [Ausi и др., 2006]. Несколько работ по ЭКК было выполнено по данным РФ и ее регионов [Fried и др., 2003; Lantz и др., 2006]

Исследование факторов, которые влияют на изменение динамики загрязнений, проводилось по данным различных стран и регионов [Роса и др., 2007; Шкиперова, 2013; Лабузова, 2009]. В первую очередь выделялись показатели, связанные с ростом экономики – ВВП, ВВП на душу населения, валовой региональный продукт (ВРП), ВРП на душу населения, промышленное производство, численность населения, уровень урбанизации, численность городского населения, динамика доходов населения и инвестиции в основной капитал. Снижение уровня загрязнений связывалось с несколькими факторами, из которых обычно выделяли технологический уровень и структурные сдвиги. Технологический уровень связывался с несколькими показателями – энергопотребление (электропотребление), энергопотребление на единицу ВВП, отношение экспорта к ВВП, доля экспорта топливно-энергетических ресурсов в общем объеме экспорта и инвестиции в модернизацию предприятий. Фактор изменения

структуры экономики учитывался через долю сельского хозяйства в ВВП, долю добычи полезных ископаемых в ВВП, долю промышленности в ВВП и долю сферы услуг.

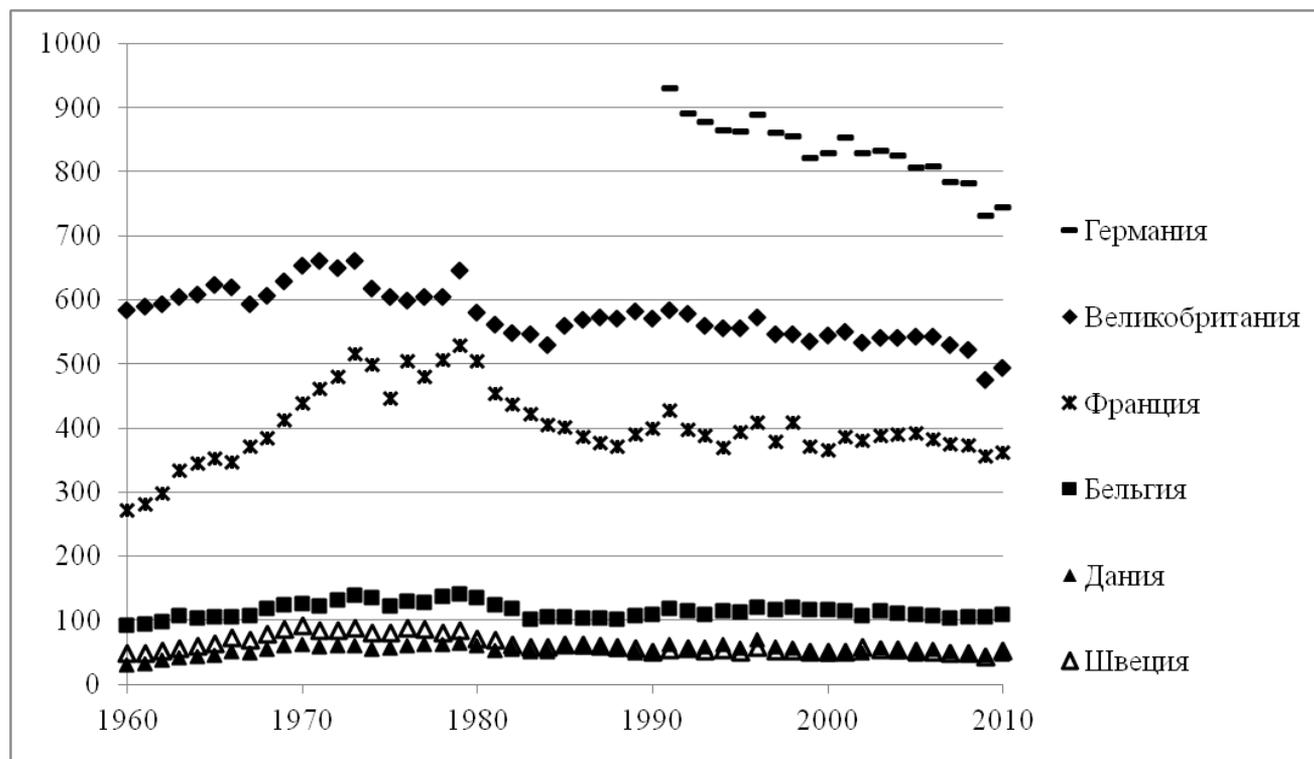


Рисунок 2 – Динамика выбросов CO<sub>2</sub> некоторых стран ЕС (млн т)

В то же время были слабо исследованы вопросы, связанные с влиянием инвестиций в охрану окружающей среды. Анализ экологической политики редко увязывается с построением моделей, которые позволили бы оценить влияние принимаемых решений, хотя именно ужесточение экологической политики в развитых странах способствовало снижению нагрузки на окружающую среду. Также необходимо учитывать текущие затраты на природоохранную деятельность.

В большинстве работ в качестве факторов, отражающих влияние экологической политики на уровень загрязнения окружающей среды, рассматриваются экологические налоги, цены на топливо и на энергоносители, оценка источников экономического роста, частные и государственные инвестиции. Например, Марк Жермен в своей работе по исследованию институциональных ограничений и возможностей перехода к устойчивому развитию на основе модели экономического роста Рамсея использует в качестве инструмента экологической политики налог на природные ресурсы. Автор приходит к выводу о том, что технический прогресс делает производство менее загрязняющим, а максимально допустимый уровень налога при наличии технического прогресса должен быть ниже [Germain, 2017].

В работе Т. Джексона показано, что взаимосвязь между расходами на смягчение последствий изменения климата и адаптацию к ним и темпами экономического роста во многом зависит от того, как другие расходы будут перераспределены. Например, если произойдет значительное сокращение инвестиций в модернизацию производства, поскольку средства будут отвлекаться на сокращение и улавливание выбросов парниковых газов, то темпы экономического роста снизятся [Jackson, 2009]. В прикладных исследованиях П. Виктора

представлены результаты оценки влияния политики сокращения выбросов парниковых газов на ряд макроэкономических показателей Канады (экономический рост, государственные расходы и занятость) [Victor, 2012].

В исследованиях условий перехода к зеленой экономике особая роль уделяется частным инвестициям, однако подчеркивается, что инвестиции в экологическую модернизацию и в охрану окружающей среды должны быть привлекательными для бизнеса. Задача экологической политики состоит в создании условий для притока частных инвестиций в эту сферу.

В рамках концепции зеленой экономики рассматривается также влияние таких факторов как доля «зеленых» инвестиций в ВВП, соотношение «зеленых» и «коричневых» инвестиций, увеличение «зеленых» кредитов, низкоуглеродные инвестиции и др. В условиях нашей страны также необходимо учитывать текущие затраты на природоохранную деятельность. Это объясняется тем, что все изменения экологических стандартов и требований экологического законодательства, как правило, требуют дополнительных природоохранных затрат, которые предприятия-загрязнители учитывают по статье «текущие (эксплуатационные) затраты на охрану окружающей среды». В работе Е. Клевакиной и И. Забелиной показано, что именно величина текущих затрат на охрану окружающей среды является наиболее значимым фактором снижения отдельных видов загрязнения для регионов РФ [Клевакина, Забелина, 2017].

В данной статье на данных РФ, ЕС и Финляндии исследуется взаимосвязь экономических и экологических показателей, и на основе моделей проводится анализ влияния различных факторов на динамику загрязнений окружающей среды с целью выявления факторов, определяющих снижение уровня загрязнений с ростом экономики.

### Методика и данные

В ходе исследования эколого-экономических процессов в РФ и ее регионов был предложен подход, который позволяет выделить влияние экологической политики и оценить воздействие природоохранной деятельности [Дружинин и др., 2009; Дружинин и др., 2018]. На основе данного подхода строились мультипликативные модели, в которых выделялось три группы факторов по характеру влияния на эколого-экономические процессы. В первую группу были включены факторы, отрицательно влияющие на окружающую среду, связанные с ростом экономики, в частности динамика ВВП и инвестиций в новое строительство. Во вторую группу были отнесены факторы, положительно влияющие на окружающую среду, в частности динамика природоохранных инвестиций (по видам загрязнений) и текущих природоохранных затрат (по видам загрязнений). Инвестиции суммировались за три года, текущий и два предыдущих, чтобы учесть неизбежные временные лаги вложений.

Также были выделены факторы, влияние которых может быть и положительным, и отрицательным. Как правило, положительный эффект дают динамика инвестиций в модернизацию экономики, реже динамика вложений в машины и оборудование. Иногда общая динамика инвестиций дает положительный результат, когда незначительны вложения в новое строительство промышленных предприятий или новое строительство сопровождается закрытием старых предприятий. Влияние структурных сдвигов тоже может быть положительным (при росте сферы услуг) и отрицательным (при увеличении доли промышленности, металлургии или добывающих производств). В дальнейшем используется мультипликативная функция, связывающая экономические и экологические показатели:

$$E(t) = A(t) \times X_1^\mu(t) \times X_2^{-\eta}(t) \times X_3^v(t) \quad (1)$$

где:  $E(t)$  – исследуемый экологический показатель (влияние на окружающую среду);  $X_j(t)$  – факторы;  $A(t)$  – нейтральный экологический прогресс (он показывает снижение уровня загрязнений за счет не включенных в уравнение факторов, прежде всего структурных сдвигов);  $\mu$ ,  $\eta$ ,  $\nu$  – постоянные параметры (факторные эластичности);  $t$  – год. Для достаточно коротких временных рядов лучше ограничиться двумя-тремя факторами, как в данном случае, хотя можно рассматривать значительно больше показателей, если используются панельные данные.

Для оценки влияния структурных сдвигов были разработаны специальные модели, но часто для их использования не хватает данных [Дружинин и др., 2009]. Поэтому вводится нейтральный экологический прогресс  $A(t)$ , который представляется экспоненциальной функцией с показателем  $p$ , и имеет две составляющих – активность модернизации в секторах, отражаемую через сумму соответствующих темпов прироста загрязнений в секторах с весами по доле загрязнений, и активность структурных сдвигов, отражаемую через разницу в темпах изменения факторов, факторные эластичности и долю секторов в загрязнениях [Дружинин и др., 2009].

Для выбора вида зависимости и предварительной оценки параметров функции (1) изучались графики взаимосвязей показателей, рассчитывались производные показатели, анализировались их соотношения. При анализе временных рядов в первую очередь рассматривались динамика экономики в целом и основных секторов (промышленность, сфера услуг), динамика инвестиций в целом и по видам (кумулятивные инвестиции за три года).

Для расчетов использовались данные по РФ, ЕС и Финляндии за 1990-2017 гг. Была собрана информация об изменении законодательства по экологическим вопросам в РФ, ЕС и Финляндии, анализировалась информация о природоохранной деятельности предприятий Карелии [Государственный доклад, 2018]. На ее основе выделялись периоды, в которых должны были быть стабильны параметры функции (1), также рассматривалось влияние экономических кризисов. В результате строились сплайн-функции, позволяющие учесть влияние внешних шоков. Для расчетов использовались стандартные программы, основанные на методе наименьших квадратов.

Для анализа изменения окружающей среды использовались данные по следующим основным показателям, характеризующим воздействие хозяйственной деятельности на окружающую среду и природные ресурсы – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в целом и по отдельным веществам, сброс загрязненных сточных вод в целом и по отдельным веществам. Поскольку собираемые в разных странах показатели различаются, то для сравнения по возможности выбирались экологические показатели, имеющиеся в международной статистике. Данные для расчетов были взяты с сайтов ФСГС, ЕС, Статистического управления Финляндии и статистических справочников [Основные показатели охраны окружающей среды, 2017; Российский статистический ежегодник, 2017; Охрана окружающей среды в России, 2017; Официальный сайт Евростата, 2018; Статистическая база данных PX Web Статистического управления Финляндии, 2018; Statistical Yearbook of Finland. 2017]. Надо отметить, что методики ФСГС меняются, и сопоставимые ряды некоторых данных не приводятся в справочниках, тогда они пересчитывались на основе имеющейся на сайте ФСГС информации, в частности, доля промышленного производства.

## Результаты расчетов и обсуждение

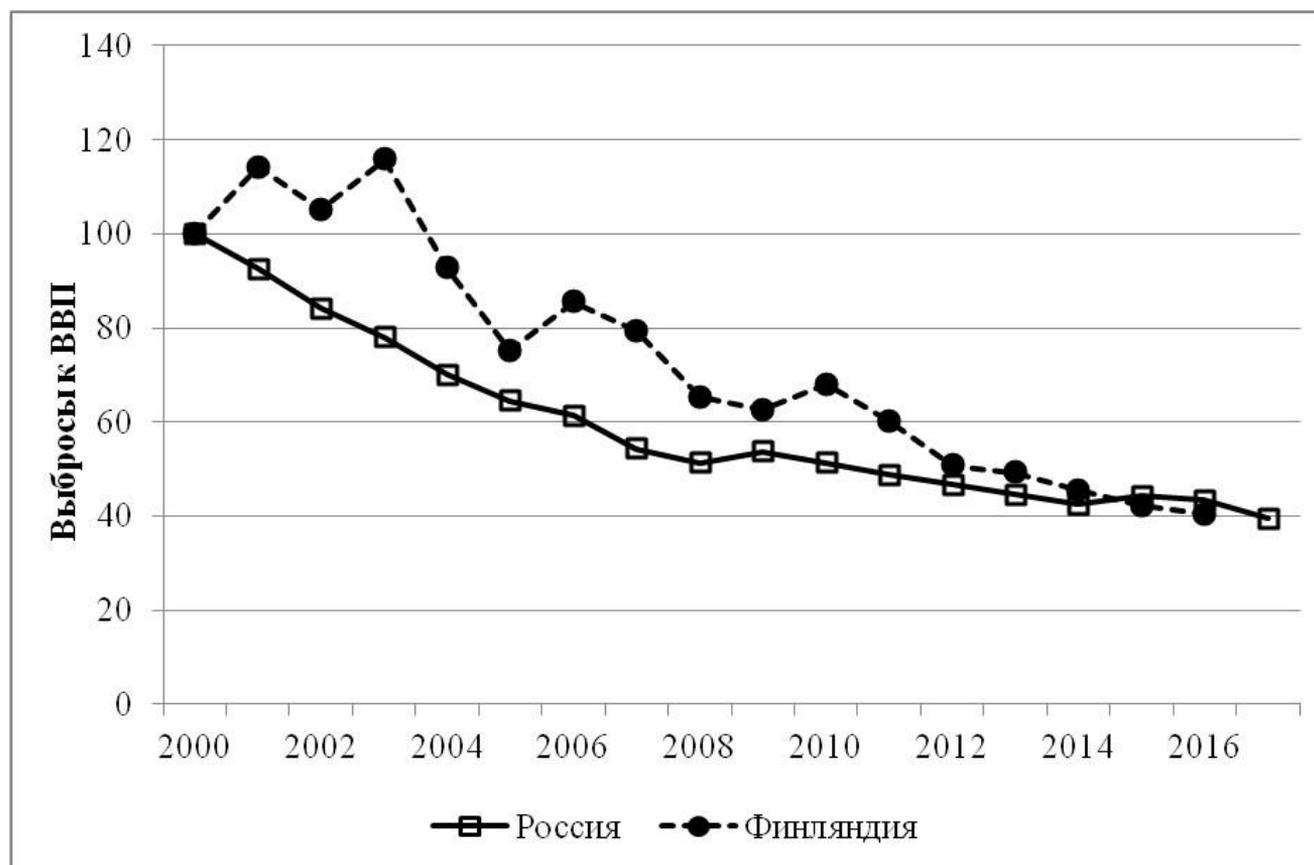
Выбросы парниковых газов в РФ и Финляндии рассматривались ранее [Дружинин и др., 2018]. Было показано, что определяющее влияние на снижение выбросов с 1999 г. в РФ и

Финляндии имеют модернизация экономики и структурные сдвиги. Анализ данных по РФ показал, что для большинства загрязняющих воздух и воду веществ основное влияние на изменение их тенденций оказали изменения экономической политики. Экологическое законодательство менялось слабо, а реализация решений, которые могли заметно повлиять на деятельность предприятий, отодвигалась на будущее [Дружинин и др., 2009; Дружинин и др., 2018].

Снижение выбросов до 1999 г. было в РФ связано со спадом в экономике, поэтому наибольший интерес представляет период с 2000 г., когда большинство выбросов снижалось при росте экономики. В данной статье воздействие развития экономики на атмосферный воздух рассматривается на примере динамики выбросов  $SO_2$  в РФ и Финляндии.

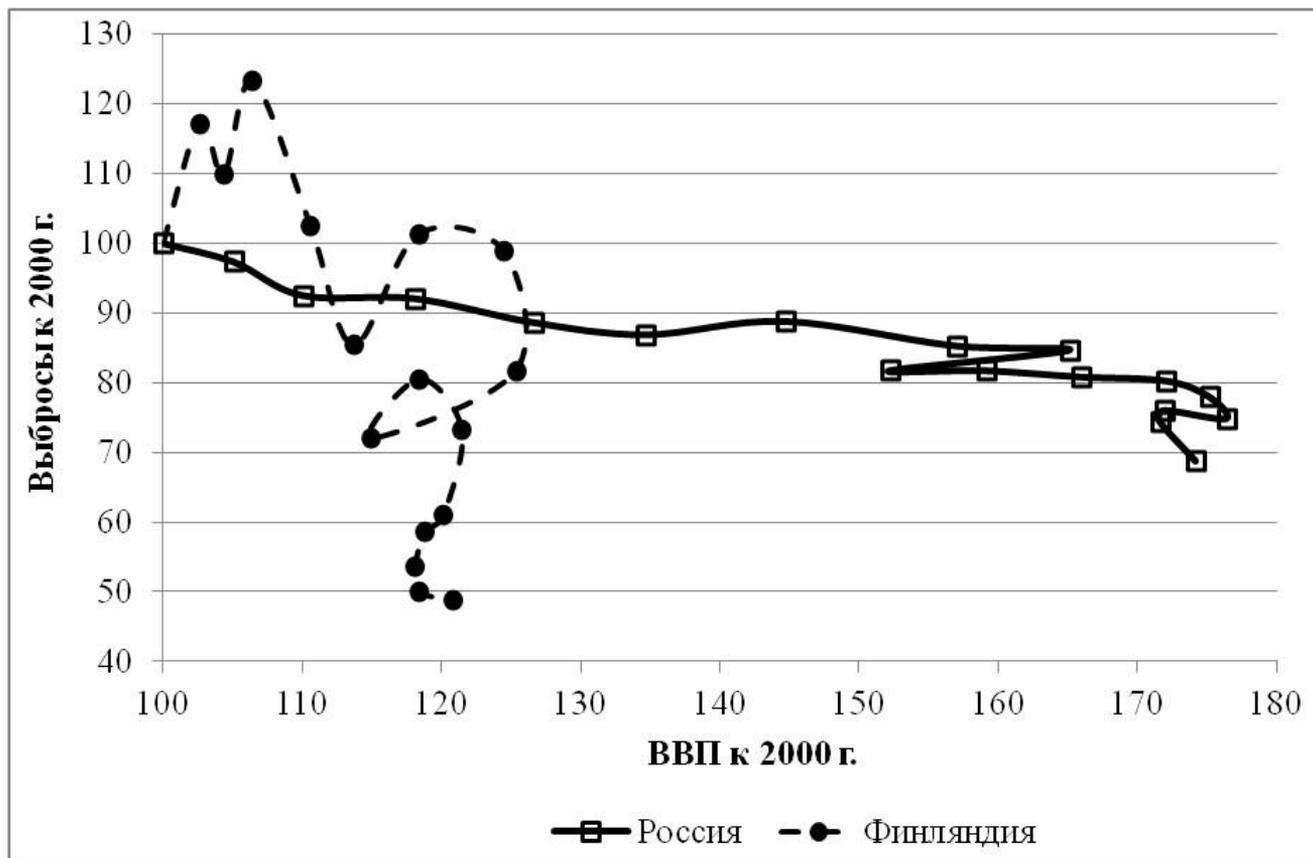
Зависимость динамики выбросов  $SO_2$  от ВВП Финляндии достаточно сложная, в 2017 г. ВВП Финляндии еще не достиг уровня 2008 г. (в сопоставимых ценах), и при построении зависимости по формуле (1) неизбежно возникнут проблемы, если в качестве экологического показателя рассматривать выбросы. Если проводить расчеты с показателем отношения выбросов к ВВП, то влияние факторов легче выделить. Если рассматривать зависимость динамики выбросов  $SO_2$  от ВВП, то в РФ с ростом ВВП выбросы убывают, и тенденция практически не меняется (рис. 3).

В РФ снижение выбросов равномерное по годам и хорошо описывается экспонентой (рис. 3). Российское законодательство за рассматриваемый период практически не менялось, Федеральный закон №219 пока фактически не действует.



**Рисунок 3 – Динамика зависимости выбросов  $SO_2$  от ВВП в РФ (сплошная линия) и Финляндии (прерывистая линия), 2000 г. – 100%**

Если рассматривать отношение динамики выбросов к ВВП, то тенденции в РФ и Финляндии очень близки, за 16 лет данный показатель снизился на 60% в обеих странах (рис. 4). Отличие состоит в том, что финская экономика до сих пор не вышла из кризиса 2008-2009 гг., а российская экономика растет, хотя и медленно.



**Рисунок 4 – Динамика соотношения выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП в РФ (сплошная линия) и Финляндии (прерывистая линия), 2000 г. – 100%**

В формуле (1) в качестве зависимого показателя рассматривается отношение выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП. В ходе анализа влияния факторов на динамику выбросов в РФ рассматривались следующие факторы – динамика инвестиций в основной капитал, инвестиций в новое строительство, инвестиций в модернизацию, инвестиций на охрану атмосферного воздуха, инвестиций в машины и оборудование и доли промышленности в ВВП. Часть факторов оказалась незначимой, и в результате осталось влияние структурных сдвигов в экономике (нейтрального экологического прогресса) и три фактора, влияние которых существенно (табл. 1).

Рост доли промышленности в ВВП на 1% вел к увеличению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 0,15%, рост кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1% вел к снижению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 0,15%, рост инвестиций в машины и оборудование на 1% приводил к уменьшению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 0,32%, структурные сдвиги уменьшали соотношение на 3% ежегодно. Фактически развитие экономики с конца 1990-х годов осуществлялось на новой технологической основе, происходила модернизация действующих предприятий, которая приводила к снижению воздействия на

окружающую среду. Новые предприятия строились на основе современных технологий, структура экономики смещалась в сторону сферы услуг.

**Таблица 1 – Результаты расчетов параметров функций (1)  
для соотношения выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП в РФ**

период	$\mu$	$\eta$	$\nu$	$p$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1998-2017 гг.	0,148	0,151	-0,316	-0,03	66,9	0,998	1664

В Финляндии выбросы SO<sub>2</sub> быстро снижались (за 1990-2016 гг. в 6,5 раз), и уменьшалось соотношение выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП. В ходе анализа влияния факторов на динамику выбросов рассматривались следующие факторы – динамика промышленного производства, инвестиций в экономику, инвестиций на охрану атмосферного воздуха, инвестиций в машины и оборудование и доли промышленности в ВВП. Часть факторов оказалась незначимой, тенденции показателей сильно изменились с 2008 г., и возникла необходимость использовать сплайн-функцию. Были выделены докризисный период (1996-2008 гг.) и послекризисный период (2009-2015 гг.), в первом периоде в качестве фактора, отражающего модернизацию экономики, рассматривалась динамика инвестиций в экономику, во втором – динамика инвестиций в машины и оборудование (табл. 2).

Расчеты показали, что рост доли промышленности в ВВП на 1% вел к увеличению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 2,35%, рост кумулятивных инвестиций в охрану атмосферного воздуха на 1% вел к снижению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 0,39%, в первом периоде рост инвестиций в экономику на 1% приводил к уменьшению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 1,08%, во втором периоде рост инвестиций в машины и оборудование на 1% приводил к уменьшению соотношения выбросов SO<sub>2</sub> и ВВП на 1,07%.

**Таблица 2 – Результаты расчетов параметров функций (1)  
для соотношения выбросов SO<sub>2</sub> к ВВП в Финляндии**

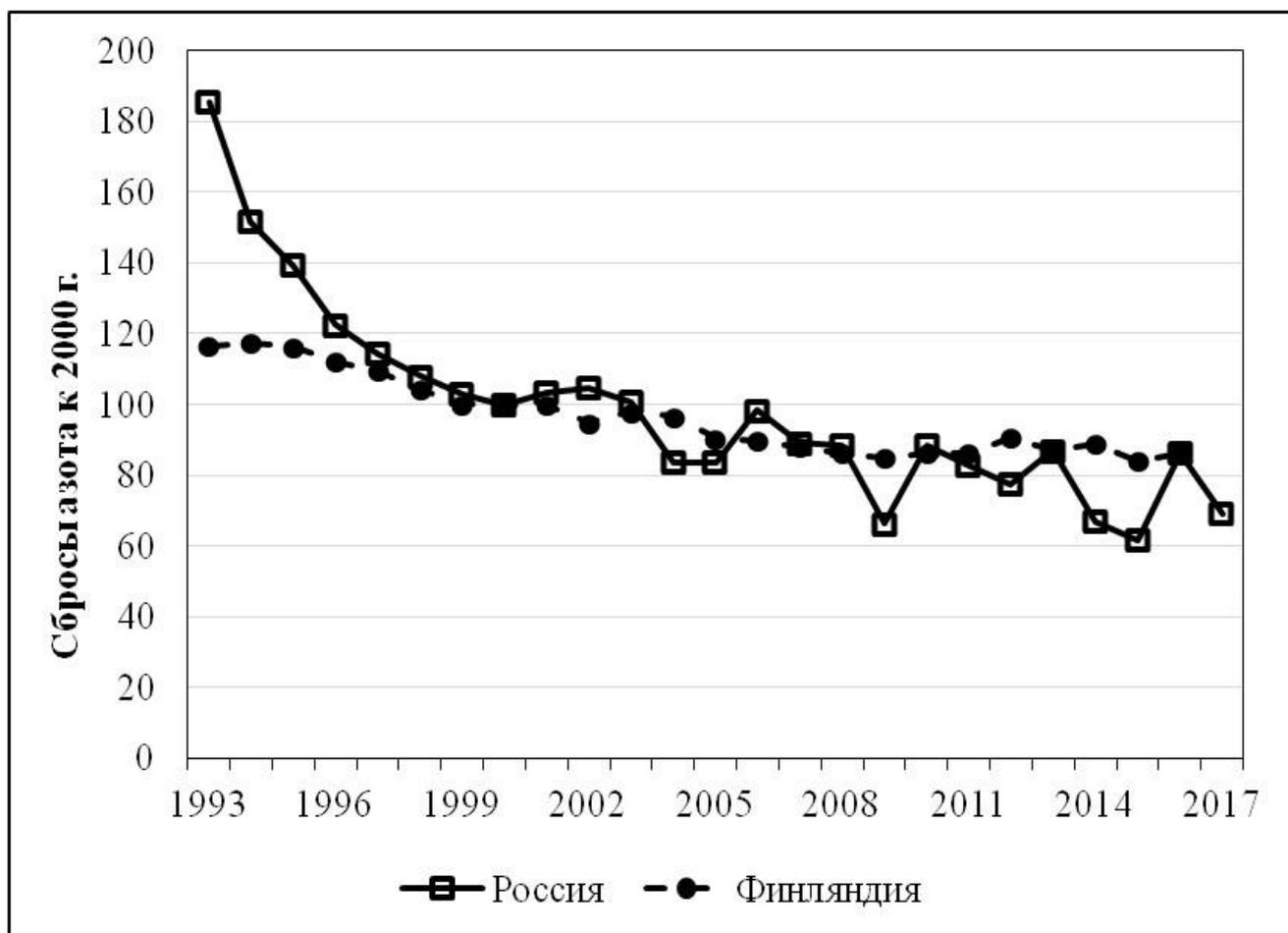
	$\mu$	$\eta$	$\nu_1$	$\nu_2$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1996-2015 гг.	2,346	0,388	-1,076	-1,068	2,16	0,91	37,4

Сбросы загрязненных сточных вод в РФ непрерывно снижались с 1992 г., и составляют примерно 50% к уровню 1990 г. Поступление загрязняющих веществ со сточными водами уменьшилось еще сильнее, за исключением нитратов, сбросы которых за 25 лет выросли почти в 2.5 раза. В статье рассматриваются сбросы азота, в доступной финской статистике выделяются еще фосфаты, в российской – более десяти различных веществ. В Финляндии сбросы азота разделяются на муниципальные и производственные, в статье рассматривается их сумма, динамика которой приведена на рисунке 5.

До 1999 г. спад в экономике РФ сопровождался значительным уменьшением сбросов азота, затем при росте экономики снижение сбросов продолжилось, хотя и замедлилось. Теперь тенденции сбросов азота в РФ и Финляндии близки. В Финляндии сбросы сократились на 15% за последние 15 лет, в РФ изменение показателя неустойчиво, в 2016 г. показатели снижения практически совпадают, а в 2017 г. он в РФ меньше 2000 г. на 30% (рис. 5).

В таблице 3 представлены результаты расчетов по РФ для соотношения сбросов азота к ВВП. Данный показатель более стабилен и соответственно при расчетах были получены достаточно хорошие статистические характеристики. В ходе анализа рассматривались следующие факторы – динамика инвестиций в основной капитал, инвестиций в новое

строительство, инвестиций в модернизацию, водоохраных инвестиций, инвестиций в машины и оборудование, доли промышленности в ВВП и численности населения. Значимы оказались только инвестиции в машины и оборудование и водоохраные инвестиции, также влияние структурных сдвигов, которое учитывается через нейтральный экологический прогресс. Надо отметить, что значимость водоохраных инвестиций существенно меньше, чем других факторов.



**Рисунок 5 – Динамика поступления азота со сточными водами в водоемы РФ (сплошная линия) и Финляндии (прерывистая линия), 2000 г. – 100%**

В результате расчетов по функции (1) было получено, что рост кумулятивных водоохраных инвестиций на 1% вел к снижению соотношения сбросов азота и ВВП на 0,17%, рост инвестиций в машины и оборудование на 1% приводил к уменьшению соотношения сбросов азота и ВВП на 0,33%, структурные сдвиги уменьшали соотношение на 3,4% ежегодно. Можно сказать, что снижение сбросов азота в РФ объясняется в первую очередь ростом вложений в машины и оборудование, а значит, модернизацией экономики, а также изменением структуры экономики.

**Таблица 3 – Результаты расчетов параметров функций (1) для РФ по соотношению сбросов азота к ВВП**

Период	$\eta$	$\nu$	$\rho$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1998-2016 гг.	-0,174	-0,326	-0,034	74,2	0,93	61,9

Поскольку примерно три четверти сбросов азота в Финляндии приходится на муниципалитеты, то в качестве дополнительного показателя рассматривается динамика численности населения. Большинство факторов оказались незначимыми, тенденции показателей немного изменились в 2002-2003 гг., поэтому проводились расчеты сплайн-функции с выделением точки перегиба в 2002-2003 гг. Расчеты показали, что изменение параметров на двух периодах незначительно и можно проводить расчеты по всем данным. В итоге оказалось, что значимы факторами являются численность населения, кумулятивные инвестиции в машины и оборудование, и нейтральный экологический прогресс, отражающий структурные сдвиги (табл. 4).

Расчеты по формуле (1) показали, что рост численности населения на 1% вел к увеличению сбросов азота на 5,17%, рост кумулятивных инвестиций в машины и оборудование на 1% приводил к уменьшению сбросов 0,19%, структурные сдвиги уменьшали сбросы азота на 2,8% ежегодно. Влияние кумулятивных водоохранных инвестиций оказалось незначимо, что видимо, связано с тем, что доля производственных загрязнений невелика.

**Таблица 4 – Результаты расчетов параметров функций (1) Финляндии по сбросам азота**

	$\mu$	$\eta$	$\nu$	$p$	$\ln A$	$R^2$	$F$
1994-2014 гг.	5,17	0	-0,194	-0,028	-13,28	0,94	96,1

В итоге надо отметить, что динамика экологических показателей в РФ и Финляндии близка, хотя уровень загрязнений на единицу ВВП сильно различается. Факторы, определяющие динамику загрязнений, почти совпадают, но степень их влияния заметно отличается.

### Заключение

Проведенное исследование позволило объяснить улучшение экологических показателей при росте экономики, выявить факторы, ведущие к улучшению состояния окружающей среды. Наиболее важным оказался рост вложений в машины и оборудование, который связан с активной модернизацией экономики, этот фактор оказался значим для всех четырех рассмотренных примеров, как для Финляндии, так и для РФ. Важность экологической политики показывает то, что природоохранные инвестиции в трех примерах влияют на экологическую ситуацию, хотя статистически значимость данного показателя невелика. Для РФ большое влияние оказали структурные сдвиги. Полученные значения параметров функции (1) позволяют исследовать различные пути дальнейшего развития в зависимости от разной активности экологической политики и модернизации экономики, а также структурной политики.

### Библиография

1. Бобылев С.Н. Устойчивое развитие: парадигма для будущего // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т.61. №3. С. 107-113.
2. Глазырина И.П., Седербаум П. Экологическая экономика как наука об экологической политике // Экономика природопользования. 2005. №1. С.4-15.
3. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2017 году. Петрозаводск, 2018. 260 с.
4. Гурман В.И., Рюмина Е.В. Оценка влияния инноваций на развитие экономики и состояние окружающей среды // Вестник Российского гуманитарного научного фонда. 2003. №4. С. 41-52.
5. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Морошкина М.В. Моделирование влияния развития экономики на окружающую среду. Петрозаводск, 2009. 96 с.

6. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Оценка влияния развития экономики на состояние окружающей среды и выбросы парниковых газов // Дружеровский вестник. 2018. №2. С. 203-215.
7. Клевакина Е.А., Забелина И.А. Анализ эффективности природоохранных механизмов в регионах трансграничного взаимодействия с КНР // Эколого-экономические проблемы развития регионов и стран (устойчивое развитие, управление, природопользование). Материалы 14-й Международной научно-практической конференции Российского общества экологической экономики. Петрозаводск, 2017. С. 267-272.
8. Лабузова Е.С. Экология и экономический рост: сибирские регионы в свете концепции экологической кривой Кузнеца // Региональная экономика: теория и практика. 2009. №12. С. 60-62.
9. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический бюллетень. Росстат. М., 2017. 114 с.
10. Официальный сайт Евростата. URL: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>
11. Охрана окружающей среды в России. 2016: Статистический сборник. Росстат. М., 2016. 95 с.
12. Российский статистический ежегодник. 2017: Статистический сборник. Росстат. М., 2017. 795 с.
13. Статистическая база данных PX Web Статистического управления Финляндии. URL: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin>
14. Шкиперова Г.Т. Экологическая кривая Кузнеца как инструмент исследования регионального развития // Экономический анализ: теория и практика. 2013. №19. С. 8-16.
15. Auci S., Vecchetti L. The instability of the adjusted and unadjusted environmental Kuznets curves // Ecological Economics. 2006. V.60. P. 282-298.
16. Bertinella L., Strobl E., Zou B. Economic development and environmental quality: A reassessment in light of nature's self-regeneration capacity // Ecological Economics. 2008. V.66. P.371-378.
17. Dietz T., Rosa E.A. Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology // Human Ecology Review. 1994. V.1. P. 277-300.
18. Fried B., Getzner M. Determinants of CO2 emissions in a small open economy // Ecological Economics. 2003. Vol. 45. P. 133-148.
19. Galeotti M., Lanza A., Pauli F. Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise // Ecological Economics. 2006. V.57. P.152-163.
20. Germain M. Optimal Versus Sustainable Degrowth Policies // Ecological Economics. 2017. Vol. 136. P. 266-281.
21. Jackson T. Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet, Earthscan. Sterling, VA, London. 2009. 264 p.
22. Lantz V., Feng Q. Assessing income, population, and technology impacts on CO2 emissions in Canada: where's the EKC? // Ecological Economics. 2006. Vol. 57. P. 229-238.
23. Mazzanti M., Montini A. Embedding the drivers of emission efficiency at regional level. Analyses of NAMEA data // Ecological Economics. 2010. V.69. P. 2457-2467.
24. Müller-Fürstenberger G., Wagner M. Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems // Ecological Economics. 2007. Vol. 62. P. 648-660.
25. Panayotou T. Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool // Environment and Development Economics. 1997. №2 (4). P. 465-484.
26. Roca J., Serrano M. Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input-output approach // Ecological Economics. 2007. Vol. 63. P. 230-242.
27. Selden T., Song D. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? // Journal of Environmental Economics and Management. 1994. №27 (2). P. 147-162.
28. Statistical Yearbook of Finland. 2017. Helsinki, 2018. 581 p.
29. Victor P. Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis // Ecological Economics. 2012. Vol. 84. P. 206-212.
30. Wang P. et al. Examining the impact factors of energy-related CO2 emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China // Energy Policy. 2013. V.106. P.65-71.

## **Environmental Kuznets curve: the case of Russia and Finland**

**Pavel V. Druzhinin**

Doctor of Economics,  
Assistant Professor, Leading Research Associate,  
Institute of Economics of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
185030, 50, Aleksandra Nevskogo av., Petrozavodsk, Russian Federation;  
e-mail: [pdruzhinin@mail.ru](mailto:pdruzhinin@mail.ru)

**Galina T. Shkiperova**

PhD in Economics, Senior Research Associate,  
Institute of Economics of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
185030, 50, Aleksandra Nevskogo av., Petrozavodsk, Russian Federation;  
e-mail: pdruzhinin@mail.ru

**Ol'ga V. Potasheva**

PhD in Economics, Research Associate,  
Institute of Economics of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences,  
185030, 50, Aleksandra Nevskogo av., Petrozavodsk, Russian Federation;  
e-mail: pdruzhinin@mail.ru

**Abstract**

The article discusses the impact of economic development on the environment in the Russian Federation and Finland on the example of emissions of SO<sub>2</sub> and nitrogen discharges. Models are built, calculations are carried out to explain the improvement of an ecological situation with a growth of economy. It is shown that the dynamics of ecological indicators in the Russian Federation and Finland is close, although the level of pollution per unit of GDP varies greatly. The factors that determine the dynamics of pollution, almost coincide, but the extent of their influence is markedly different. The study made it possible to explain the improvement of ecological indicators with economic growth, to identify the factors leading to the improvement of the environment. Growth of investments in machinery and equipment, which is associated with the active modernization of economy, was the most important. The study made it possible to explain the improvement of environmental indicators during economic growth, to identify the factors leading to the improvement of the environment. The most important was the growth of investments in machinery and equipment, which is associated with the active modernization of the economy, this factor was significant for all four examples considered, both for Finland and for the Russian Federation. The importance of environmental policy shows that environmental investments in three examples affect the environmental situation, although the statistically significant value of this indicator is small. For the Russian Federation, structural changes have had a great influence.

**For citation**

Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Potasheva O.V. (2018) Ekologicheskaya krivaya kuznetsa: sluchai Rossii i Finlyandii [Environmental Kuznets curve: the case of Russia and Finland]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 8 (11A), pp. 83-97.

**Keywords**

Economic growth, modernization, structural shifts, environmental pollution, environmental Kuznets curve.

**References**

1. Auci S., Becchetti L. (2006) The instability of the adjusted and unadjusted environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 60, pp. 282-298.
2. Bertinella L., Strobl E., Zou B. (2008) Economic development and environmental quality: A reassessment in light of nature's self-regeneration capacity. *Ecological Economics*, 66, pp. 371-378.

3. Bobylev S.N. (2017) Ustoichivoe razvitie: paradigma dlya budushchego [Sustainable development: a paradigm for the future]. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya* [World Economy and International Relations], 61, 3, pp. 107-113.
4. Dietz T., Rosa E.A. (1994) Rethinking the environmental impacts of population, affluence, and technology. *Human Ecology Review*. 1994. V.1. P. 277-300.
5. Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Moroshkina M.V. (2009) *Modelirovanie vliyaniya razvitiya ekonomiki na okruzhayushchuyu sredu* [Modeling the impact of economic development on the environment]. Petrozavodsk.
6. Druzhinin P.V., Shkiperova G.T., Potasheva O.V. (2018) Otsenka vliyaniya razvitiya ekonomiki na sostoyanie okruzhayushchei sredy i vybrosy parnikovyykh gazov [Assessment of the impact of economic development on the environment and greenhouse gas emissions]. *Drukerovskii vestnik* [Druker Bulletin], 2, pp. 203-215.
7. Fried B., Getzner M. (2003) Determinants of CO2 emissions in a small open economy. *Ecological Economics*, 45, pp. 133-148.
8. Galeotti M., Lanza A., Pauli F. (2006) Reassessing the environmental Kuznets curve for CO2 emissions: A robustness exercise. *Ecological Economics*, 57, pp. 152-163.
9. Germain M. (2017) Optimal Versus Sustainable Degrowth Policies. *Ecological Economics*, 136, pp. 266-281.
10. Glazyrina I.P., Sederbaum P. (2005) Ekologicheskaya ekonomika kak nauka ob ekologicheskoi politike [Ecological economics as a science about environmental policy]. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Environmental Economics], 1, pp. 4-15.
11. (2018) *Gosudarstvennyi doklad o sostoyanii okruzhayushchei sredy Respubliki Kareliya v 2017 godu* [State report on the state of the environment of the Republic of Karelia in 2017]. Petrozavodsk.
12. Gurman V.I., Ryumina E.V. (2003) Otsenka vliyaniya innovatsii na razvitie ekonomiki i sostoyanie okruzhayushchei sredy [Evaluation of the impact of innovation on the development of the economy and the environment]. *Vestnik Rossiiskogo gumanitarnogo nauchnogo fonda* [Bulletin of the Russian Humanitarian Science Foundation], 4, pp. 41-52.
13. Jackson T. (2009) *Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet*, Earthscan. Sterling, VA, London.
14. Klevakina E.A., Zabelina I.A. (2017) Analiz effektivnosti prirodookhrannykh mekhanizmov v regionakh transgranichnogo vzaimodeistviya s KNR [Analysis of the effectiveness of environmental mechanisms in the regions of transboundary interaction with the PRC]. In: *Ekologo-ekonomicheskie problemy razvitiya regionov i stran (ustoichivoe razvitie, upravlenie, prirodopol'zovanie). Materialy 14-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii Rossiiskogo obshchestva ekologicheskoi ekonomiki* [Ecological and economic problems of development of regions and countries (sustainable development, management, environmental management). Materials of the 14th International Scientific and Practical Conference of the Russian Society of Ecological Economics]. Petrozavodsk.
15. Labuzova E.S. (2009) Ekologiya i ekonomicheskii rost: sibirskie regiony v svete kontseptsii ekologicheskoi krivoi Kuzneta [Ecology and economic growth: Siberian regions in the light of the concept of the Kuznets ecological curve]. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice], 12, pp. 60-62.
16. Lantz V., Feng Q. (2006) Assessing income, population, and technology impacts on CO2 emissions in Canada: where's the EKC? *Ecological Economics*, 57, pp. 229-238.
17. Mazzanti M., Montini A. (2010) Embedding the drivers of emission efficiency at regional level. Analyses of NAMEA data. *Ecological Economics*, 69, pp. 2457-2467.
18. Müller-Fürstenberger G., Wagner M. (2007) Exploring the environmental Kuznets hypothesis: Theoretical and econometric problems. *Ecological Economics*, 62, pp. 648-660.
19. *Ofitsial'nyi sait Evrostat* [Eurostat official website]. Available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database> [Accessed 10/10/2018]
20. (2016) *Okhrana okruzhayushchei sredy v Rossii. 2016: Statisticheskii sbornik. Rosstat* [Environmental protection in Russia. 2016: Statistical collection. Rosstat]. Moscow.
21. (2017) *Osnovnye pokazateli okhrany okruzhayushchei sredy. Statisticheskii byulleten'. Rosstat* [Main indicators of environmental protection. Statistical Bulletin. Rosstat]. Moscow.
22. Panayotou T. (1997) Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool. *Environment and Development Economics*, 2 (4), pp. 465-484.
23. Roca J., Serrano M. (2007) Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input-output approach. *Ecological Economics*, 63, pp. 230-242.
24. (2017) *Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. 2017: Statisticheskii sbornik. Rosstat* [Russian statistical yearbook. 2017: Statistical collection. Rosstat]. Moscow.
25. Selden T., Song D. (1994) Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions? *Journal of Environmental Economics and Management*, 27 (2), pp. 147-162.
26. Shkiperova G.T. (2013) Ekologicheskaya krivaya Kuzneta kak instrument issledovaniya regional'nogo razvitiya [Kuznets environmental curve as a tool for the study of regional development]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice], 19, pp. 8-16.
27. (2018) *Statistical Yearbook of Finland. 2017*. Helsinki.

- 
28. *Statisticheskaya baza dannykh PX Web Statisticheskogo upravleniya Finlyandii* [Statistics PX Web Statistics Statistics Finland]. Available at: <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/en/StatFin> [Accessed 10/10/2018]
  29. Victor P. (2012) Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis. *Ecological Economics*, 84, pp. 206-212.
  30. Wang P. et al. (2013) Examining the impact factors of energy-related CO<sub>2</sub> emissions using the STIRPAT model in Guangdong Province, China. *Energy Policy*, 106, pp. 65-71.