

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ**

**Кудрявцева Ольга Владимировна<sup>1</sup>**

*д.э.н., профессор*

*МГУ имени М. В. Ломоносова*

*Экономический факультет*

*(г. Москва, Россия)*

**Иванов Е. В., Колесник Д. П., Матвеев Е. О.,**

**Печенкин С. А., Якимова Ю. И.,**

*Студенты бакалавриата*

*МГУ имени М.В. Ломоносова,*

*Экономический факультет*

*(г. Москва, Россия)*

### **Аннотация**

*Представленная работа посвящена проверке гипотезы о существовании перевернутой U-образной зависимости экономического роста от уровня загрязнений окружающей среды, в основу которой легла концепция экологической кривой Кузнеця. Авторы работы, используя эконометрические методы и данные Всемирного банка, показывают, что гипотеза верна: существует точка перелома между положительным и отрицательным характером зависимости экономического роста от уровня выбросов CO<sub>2</sub>. При этом гипотеза подтверждается для стран с низким и средним уровнем дохода, а для стран с высоким уровнем дохода зависимость линейная отрицательная. На основе полученных результатов авторы формируют рекомендации по экологическому регулированию в соответствии с уровнем экономического развития страны.*

**Ключевые слова:** экологическая кривая Кузнеця, экономический рост, загрязнение окружающей среды.

**JEL-коды:** Q51, Q56.

---

<sup>1</sup> Кудрявцева О.В., e-mail: [olgakud@mail.ru](mailto:olgakud@mail.ru)

## Введение

Предлагаемое исследование посвящено оценке влияния уровня загрязнений на экономический рост на основе данных по 217 странам за период с 1990 по 2014 г. В основу исследования легла концепция экологической кривой Кузнеця, подразумевающая перевернутую U-образную взаимосвязь между экономическим ростом и состоянием окружающей среды (с экономическим ростом уровень загрязнений сначала растет, а после превышения определенного порогового уровня – падает). В данной работе рассматривается обратная взаимосвязь, которая также заслуживает внимания и уже была исследована в ряде работ, вызывая интерес к себе со стороны научного сообщества.

Авторы поставили целью проверить наличие эффекта, который уровень загрязнений оказывает на экономический рост, а также характер этого эффекта. Сразу следует отметить, что в качестве меры загрязнения окружающей среды был выбран уровень выбросов диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), так как проблема выбросов парниковых газов вышла на первый план за последние 20 лет, что отражено, в том числе, в Киотском протоколе (1997). В связи с этим, в дальнейшем под уровнем загрязнения понимается именно выброс CO<sub>2</sub>, как вещества, вызывающего наибольшую озабоченность мирового сообщества.

## Обзор литературы

Впервые идея о квадратичной взаимосвязи между загрязнением окружающей среды и экономическим ростом, которую сейчас принято называть экологической кривой Кузнеця, была предложена в статье Grossman и Krueger (1991)<sup>2</sup>. Интерпретация квадратичной зависимости заключается в том, что на ранних этапах индустриального развития страны экономический рост напрямую связан с ухудшением состояния окружающей среды, в то время как на поздних этапах эта связь обратная – с экономическим ростом состояние окружающей среды улучшается.

Классическая регрессионная модель панельных данных для тестирования гипотезы экологической кривой Кузнеця имеет следующую форму:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \beta_4 Z_{it} + \varepsilon_{it},$$

где  $i = 1 \dots N$ ,  $t = 1 \dots T$ .

В этом уравнении  $Y$  – зависимая переменная, описывающая деградацию окружающей среды,  $X$  – объясняющая переменная, отвечающая за доход,  $Z$  – вектор переменных, отвечающий за другие факторы, которые могут влиять на  $Y$ ,  $\alpha$  – константа и  $\beta_k$  ( $k=1,2,3$ ) – матрицы коэффициентов при объясняющих переменных.

Обычно в качестве прокси для деградации окружающей среды используется объем загрязняющих выбросов.

---

<sup>2</sup> См. подробнее Grossman G. M., Krueger A. B. (1991)

Гипотеза о наличии экологической кривой Кузнецца подтверждается во многих исследованиях, в том числе и на российских данных. В работе С. Михалищева и Ю. Раскиной<sup>3</sup> проверяется, насколько ситуация в регионах России соответствует экологической кривой Кузнецца. Авторы провели исследования на основе панельных данных по 79 регионам России за 2000–2013 гг. В качестве прокси экономического развития был выбран показатель ВРП на душу населения. Мерой уровня загрязнения были выбраны объем выбросов оксидов углерода, диоксида серы (SO<sub>2</sub>) и диоксида азота (NO<sub>2</sub>), отходящих от стационарных источников.

В качестве контрольной переменной используется коэффициент Джини, а для оценки влияния структурных изменений в экономике России на исследуемую зависимость взяты данные о вкладе различных отраслей в ВРП. Авторы строили модель вида:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \beta_2 X_{it}^2 + \beta_3 X_{it}^3 + \beta_4 GINI_{it} + \beta_5 STRUCT_{it} + \varepsilon_{it},$$

где  $i = 1, \dots, N$  – регионы,  $t = 1, \dots, T$  – года,  $GINI$  – коэффициент Джини,  $STRUCT$  – вектор переменных, отвечающих за структуру ВРП.

Получены следующие результаты: большинство регионов России лежат на восходящей ветви кривой Кузнецца, рост неравенства соответствует снижению выбросов, рост непроизводительного сектора ВРП либо не значим, либо его влияние непостоянно по знаку.

Для нашего исследования важно, что в рамках модели экологической кривой Кузнецца отмечается возможность наличия положительной корреляции между экономическим развитием и деградацией окружающей среды.

Тем не менее, остается открытым вопрос причинно-следственной связи. Какой эффект сильнее: влияние развития экономики на уровень загрязнений или влияние роста выбросов на экономический рост?

David I. Stern<sup>4</sup> косвенно попытался дать ответ на интересующий нас вопрос. Автор исследовал причинно-следственную связь между уровнем потребления энергетических ресурсов и экономическим развитием в форме ВВП. В литературе существуют две точки зрения на этот счет: согласно биофизической теории энергетические ресурсы являются ключевым фактором производства и, соответственно, именно уровень их использования влияет на экономическое развитие, а не наоборот; сторонники же неоклассической теории утверждают, что ускоряющийся экономический рост является причиной роста потребления энергетических ресурсов, что совсем не означает, что они необходимы для устойчивого экономического развития. Автор статьи обсуждает и анализирует работы ученых в пользу той или иной теории. Он утверждает, что разрешить спор можно, применив анализ на основе векторной авторегрессии, что позволит провести мультивариантный тест Грейнджера на причинно-следственную связь.

---

<sup>3</sup> См. подробнее Михалищев С., Раскина Ю. (2016)

<sup>4</sup> См. подробнее Stern D. I. (1993)

Таким образом, автор строит модель векторной авторегрессии как систему связанных уравнений, в том числе: регрессию ВВП на объемы потребляемой энергии и прочие контрольные переменные, а также регрессию потребляемой энергии на ВВП и контрольные переменные. Данные по объемам потребляемой энергии были взяты из Annual Energy Review (1990) за период с 1949 по 1990 г. Они включают энергию, полученную из следующих источников: уголь, природный газ, топливо, атомная энергия, гидроэлектроэнергия, геотермальная энергия, энергия, полученная путем использования древесины в качестве топлива и др.

Используя простой показатель потребляемой энергии, автор не смог получить значимых результатов. Поэтому он сконструировал новый показатель, взвесив каждый вид источника энергии по качеству (производительности) этого источника. На основе последнего показателя David I. Stern приходит к выводу, что именно уровень потребляемой энергии является причиной по Грейнджеру для ВВП, причем зависимость здесь положительная<sup>5</sup>.

Очевидно, что при таком построении показателя потребляемой энергии он тесно связан с уровнем загрязнения окружающей среды. Исходя из этого и из результатов исследования, можно предположить, что в вопросе причинно-следственной связи между уровнем загрязнения и экономическим развитием уровень загрязнения является причиной и независимой переменной. Кроме того, привязывая уровень загрязнений к использованию энергетических ресурсов, можно предположить, что на начальных этапах развития экономики уровень загрязнений будет положительно влиять на уровень экономического роста, а на поздних этапах, при переходе к более экологически чистым источникам энергии и развитию энергосберегающих технологий, будет наблюдаться отрицательная связь.

В статье Hsiao-Tien Pao, Chung-Ming Tsai (2010) также исследуется вопрос взаимосвязи уровня загрязнений, экономического развития и потребления энергии<sup>6</sup>. Авторы показывают, что существует сильная двусторонняя причинно-следственная связь между выбросами и прямыми иностранными инвестициями и односторонняя причинно-следственная связь, идущая от выпуска к прямым иностранным инвестициям. Кроме того, авторы доказали, что существует сильная двусторонняя причинно-следственная связь между выпуском и выбросами углекислого газа, а также между выпуском и потреблением энергии, в то время как сильная односторонняя причинно-следственная связь идет от потребления энергии к выбросам углекислого газа. Авторы использовали панельные данные по странам БРИК за 1980–2007 гг. (для России данные за период с 1992 г.). При построении регрессии авторы использовали экологическую кривую Кузнецца.

Сначала Hsiao-Tien Pao и Chung-Ming Tsai проверяют порядок интегрированности всех переменных (выбросов углекислого газа, общего потребления энергии, чистого притока прямых иностранных инвестиций и реального ВВП), так как все тесты на коинтеграцию валидны, только если все переменные имеют одинаковый порядок интегрированности ряда.

Вторым шагом авторы тестируют ряды переменных на коинтеграцию при помощи различных модификаций двухшагового теста Энгла–Грейнджера. Нулевая гипотеза в данных

---

<sup>5</sup> См. подробнее Stern D. I. (1993)

<sup>6</sup> См. подробнее Pao H.-T., Tsai C.-M. (2010)

тестах: отсутствие коинтеграции. Hsiao-Tien Pao и Chung-Ming Tsai получают, что ряды коинтегрированы. Это означает, что существует долгосрочная взаимосвязь между переменными, направленная хотя бы в одну сторону.

Последним шагом авторы анализируют направление причинно-следственной связи между переменными.

Интересно, что при анализе данных авторы отметили, что из стран БРИК самые высокие средние значения выбросов диоксида углерода на душу населения и самые высокие средние значения потребления энергии на душу населения наблюдались в России. Более того, в России самые высокие значения дисперсии данных переменных. Также авторы отмечают, что в России динамика выбросов, потребления энергии и реального ВВП существенно отличалась от других стран БРИК. Так, с начала 1992 и до конца 90-х гг. в России наблюдалось падение значений всех трех переменных, но с начала 2000 года тренд развернулся в другую сторону, и наблюдался рост выбросов, потребления энергии и реального ВВП, в то время как в остальных странах БРИК происходило монотонное увеличение всех трех показателей в рассмотренный временной период.

В статье Sakiru Adebola Solarin, Usama Al-Mulali, Ilhan Ozturk (2017) изучается взаимосвязь между выбросами CO<sub>2</sub>, потреблением гидроэлектроэнергии, урбанизацией и реальным ВВП в Китае и Индии в период 1965–2013 гг.<sup>7</sup> Для того чтобы изучить долгосрочную коинтеграцию данных рядов, авторы используют расширенную авторегрессионную модель распределенных лагов (ARDL), которая дополнена структурными шоками. Авторы приходят к выводу, что реальный ВВП и урбанизация оказывают долгосрочное положительное влияние на величину выбросов углекислого газа, а потребление гидроэлектроэнергии оказывает долгосрочное негативное воздействие на выбросы CO<sub>2</sub> в обеих странах. Таким образом, результаты статьи подтверждают существование экологической кривой Кузнеця (ЭКС) в Китае и Индии. Кроме того, авторы оценивают причинно-следственную связь между переменными при помощи различных модификаций теста Грейнджера и получают, что между всеми рассматриваемыми переменными в обеих странах существует долгосрочная одновременная причинно-следственная связь, направленная в обе стороны.

Таким образом, на основе рассмотренных работ мы можем выдвинуть следующие гипотезы.

Гипотеза 1: Существует перевернутая U-образная связь между экономическим ростом (объясняемая переменная) и уровнем загрязнений окружающей среды, или выбросами CO<sub>2</sub> (объясняющая переменная). При этом положительная зависимость наблюдается на этапе развития страны и связана с наращиванием производства, а отрицательная - с отрицательным влиянием уровня загрязнений на качество природных и человеческих ресурсов.

Гипотеза 2: В развитых странах при низких темпах экономического роста может наблюдаться отрицательная взаимосвязь между темпами экономического роста (объясняемая переменная) и загрязнением окружающей среды (объясняющая переменная) в связи с тем,

---

<sup>7</sup> См. подробнее Solarin S. A., Al-Mulali U., Ozturk I. (2017)

что в развитых странах преобладает интенсивный рост с применением экологически чистых источников энергии и энергосберегающих технологий, а возможности экстенсивного роста исчерпаны.

Наше эмпирическое исследование будет направлено на то, чтобы подтвердить или опровергнуть данные гипотезы.

## Данные и методология исследования

Для проведения исследования были использованы данные из базы World Development Indicators Всемирного банка за период с 1990 по 2014 г.<sup>8</sup> В результате была сформирована несбалансированная панель по 217 странам. В качестве переменных были выбраны следующие:

Таблица 1

Описание используемых переменных

<i>Код</i>	<i>Полное название переменной</i>	<i>Описание</i>	<i>Среднее значение по выборке</i>
GDP_PPP_pc	GDP per capita, PPP (constant 2011 international \$)	ВВП на душу населения в пост. ценах по ППС, \$ 2011 г.	15291
CPI	Inflation, consumer prices (annual %)	ИПЦ (годовой темп прироста цен)	39,7
OPENNESS	Trade (% of GDP)	Суммарный объем экспорта и импорта (доля в ВВП)	88,1
GOVEXP	General government final consumption expenditure (% of GDP)	Общие конечные расходы государства (доля в ВВП)	16,7
SCHOOL	School enrollment, tertiary (% gross)	Доля населения с высшим/получающая высшее образование (в своей когорте)	30,7
CO2Em	CO <sub>2</sub> emissions (kg per 2011 PPP \$ of GDP)	Выбросы CO <sub>2</sub> (в кг на доллар ВВП)	0,286
GINI	GINI index (World Bank estimate)	Коэффициент Джини	39,4
FDI	Foreign direct investment, net inflows (% of GDP)	Прямые зарубежные инвестиции (доля в ВВП)	4,92

<sup>8</sup> URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

На основе проведенного анализа теоретической литературы для проверки сформулированных гипотез мы используем следующую спецификацию уравнения:

$$\ln(y_{it}) = \alpha + \rho * \ln(y_{i,t-1}) + x'_{it} * \beta + \gamma_1 * CO2_{it} + \gamma_2 * CO2_{it}^2 + h_i + \varepsilon_{it}, \text{ где}$$

$y_{it}$  – ВВП на душу населения;

$x_{it}$  – матрица регрессоров, которая включает в себя: ИПЦ; суммарный объем экспорта и импорта как долю в ВВП; общие конечные расходы государства как долю в ВВП; долю населения с высшим образованием или получающую высшее образование; прямые зарубежные инвестиции как долю в ВВП;

$CO2_{it}$  – выбросы диоксида углерода;

$h_i$  – индивидуальные страновые эффекты.

Данная спецификация отвечает стандартной теории экономического роста. Коэффициенты при переменной  $CO2_{it}$  будут являться ключевыми для проверки выдвинутых гипотез.

В качестве метода для эконометрического исследования был выбран обобщенный метод моментов, предложенный Arellano и Bond (1991). Этот метод предполагает трансформацию нашего исходного уравнения. Мы вычитаем из каждого уравнения аналогичное ему уравнение предыдущего периода, и получаем:

$$\ln(y_{i,t}) - \ln(y_{i,t-1}) = \rho * (\ln(y_{i,t-1}) - \ln(y_{i,t-2})) + (x'_{i,t} - x'_{i,t-1}) * \beta + \gamma_1 * (CO2_{i,t} - CO2_{i,t-1}) + \gamma_2 * (CO2_{i,t}^2 - CO2_{i,t-1}^2) + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1}).$$

Таким образом, слева мы получаем приближение темпа экономического роста:

$$\ln(y_{i,t}) - \ln(y_{i,t-1}) = \Delta \ln(y_{i,t}) \approx d(\ln(y_{i,t})) = \frac{dy_{i,t}}{y_{i,t}} \approx \frac{\Delta y_{i,t}}{y_{i,t}} = \frac{y_{i,t} - y_{i,t-1}}{y_{i,t}}$$

Данный метод позволяет нам решить ряд проблем:

1. При вычитании мы избавляемся от ненаблюдаемых индивидуальных (страновых) эффектов, неизменных во времени ( $h_i$ ).
2. Решается проблема эндогенности, вызванная авторегрессионной компонентой и двунаправленной причинно-следственной связью между ВВП и выбросами.

Таким образом, метод, предложенный Arellano и Bond, а также его модификация от Arellano, Bover (1995) и Blundell, Bond (1998), которую называют GMM-SYS, позволяет получить достаточно точные и состоятельные оценки коэффициентов.

## Результаты исследования

Мы провели оценку сформулированной модели на всех данных, а также отдельно для стран с высоким доходом и для остальных стран<sup>9</sup>, и получили следующие результаты:

Таблица 2

### Результаты эконометрического моделирования

Двухшаговый GMM-SYS			
Зависимая переменная: ln(GDP_PPP_pc)			
	Вся выборка	Страны с высоким доходом	Страны со средним и низким доходом
ln(GDP_PPP_pc) (лаг в 1 год)	0,939***	0,920***	0,955***
Константа	0,467***	0,891***	0,354***
CPI	-0,000033***	-0,0016***	-0,00003***
OPENNESS	0,00032***	0,00013***	0,00019***
GOVEXP	-0,00055***	-0,0018***	-0,0015***
SCHOOL	0,0018***	-0,000027	0,0013***
CO2Em	0,200***	-0,048**	0,152***
CO2Em <sup>2</sup>	-0,169***	0,017	-0,129***
FDI	0,000090***	0,000007	0,0008***
Число наблюдений	2405	906	1499
P-значение в тесте на автокорреляцию 1-го порядка	0	0,0006	0,000
P-значение в тесте на автокорреляцию 2-го порядка	0,07	0,076	0,134
P-значение в тесте Саргана	1	1	1
Стандартная ошибка регрессии	0,059	0,043	0,051

Использованы устойчивые к гетероскедастичности стандартные ошибки

\*\*\* – значимость на 1% уровне, \*\* – значимость на 5% уровне, \* – значимость на 10% уровне.

Для соответствия предпосылкам модели гипотеза о наличии автокорреляции первого порядка должна подтверждаться, а второго – отвергаться.

Как видно из таблицы, формальные тесты на автокорреляцию и тест Саргана экзогенности инструментов показывают, что результатам оценки наших регрессионных моделей можно доверять.

<sup>9</sup> Согласно классификации Всемирного банка на основе ВНД на душу населения за 2016 г. Страны с высоким уровнем дохода: \$ 12.236 и более. [Электронный ресурс]. (URL: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906519-world-bank-country-and-lending-groups>)

Если рассматривать всю выборку в целом, то все переменные, включенные в модель, оказались статистически значимыми на 1%-м уровне. Знаки при контрольных переменных являются экономически обоснованными, поэтому мы можем говорить о правильной спецификации модели. Обратимся к интересующей нас переменной объема выбросов. Знак коэффициента при переменной первой степени положителен, а при переменной, возведенной в квадрат, отрицателен (оба коэффициента значимы на 1%-м уровне). Это позволяет говорить о справедливости гипотезы о квадратичной взаимосвязи между выбросами вредных веществ и экономическим ростом. Это означает, что существует этап развития экономики, на котором экстенсивный рост эффективен и, соответственно, рост загрязнения окружающей среды, вызванный наращиванием мощностей производства, будет сопровождаться ускорением темпов экономического роста. Однако существует критический уровень загрязнений, при достижении которого отрицательное воздействие на окружающую среду, которое приводит к деградации природных и человеческих ресурсов, превзойдет положительный эффект наращивания производства, и темпы экономического роста начнут замедляться.

Такое обоснование больше характерно для развивающихся стран. Поэтому мы выделили из нашей выборки развитые страны (страны с высоким уровнем дохода на душу населения). Результаты оценки модели таковы, что, во-первых, показатели доли населения с высшим образованием и прямых иностранных инвестиций оказались статистически не значимы, так как эти показатели имеют низкую вариацию среди развитых стран. Во-вторых, мы наблюдаем линейную отрицательную взаимосвязь между уровнем выбросов CO<sub>2</sub> и темпом роста ВВП. Это объясняется тем, что возможности для экстенсивного роста в таких странах уже исчерпаны. Экономический рост носит интенсивный характер и предполагает внедрение новых технологий. Такие страны чувствуют недостаток природных ресурсов, поэтому уровень загрязнений в них оказывает значимое отрицательное влияние на экономический рост.

С другой стороны, регрессионная модель, оцененная на странах с низким и средним доходом, соответствует результатам первой модели. Это подтверждает гипотезу о том, что на начальных этапах развития экономики имеет смысл вводить мягкое экологическое регулирование с целью обеспечения высоких темпов экономического роста. Однако важно определить критический уровень загрязнения окружающей среды и не допускать его превышения. Согласно нашим подсчетам, этот критический уровень равен 0,4254 кг CO<sub>2</sub> на доллар ВВП в ценах 2011 г., и он с вероятностью в 95% лежит в интервале (0,4250; 0,4259) (оценка получена с использованием дельта-метода).

В качестве примера применения полученных результатов на практике рассмотрим США. На 2014 г. значение уровня загрязнения в США составляло 0,31822 кг CO<sub>2</sub> на \$ ВВП загрязнений. США относится к группе развитых стран, следовательно, для США уровень загрязнений однозначно отрицательно влияет на экономический рост. Поскольку среднее значение для развитых стран на 2014 г. составляет 0,26051 кг на \$ ВВП, для США экономически целесообразно уменьшать уровень загрязнений хотя бы до уровня среднего по развитым странам. С учетом масштаба экономики США это принесло бы колоссальную пользу окружающей среде: в 2014 г. при переходе объемов загрязнения к уровню среднего значения по развитым странам сокращение выбросов составило бы:

$$(0,31822-0,26051) * \$17,393 \text{ трлн}^{10} = 1,004 \text{ трлн кг.}$$

Что касается Китая, то согласно методологии Всемирного банка, он не входит в число стран с высоким уровнем дохода. Поэтому, согласно нашему предположению, для Китая существует критический уровень загрязнений. На 2014 г. уровень выбросов CO<sub>2</sub> в Китае составил 0,5912 кг на \$ ВВП, что превышает рассчитанный нами среднемировой критический уровень загрязнений в 0,4254 кг на \$ ВВП. Это означает, что для Китая может быть экономически эффективно снижать уровень загрязнений окружающей среды.

Китай входит в число самых быстрорастущих экономик в мире; его часто называют «всемирной фабрикой», так как там сосредоточена основная часть производства всего мира, что отрицательно отразилось на экологической ситуации в данной стране. Уровни загрязнения воды, воздуха и почвы в большинстве районов Китая превышают установленные нормы в несколько раз; экологические проблемы в Китае стоят очень остро по сравнению с другими странами. Поэтому государственные органы КНР в последнее время проводят активную экологическую политику.

В ряде научных статей, посвященных экологической ситуации в Китае, проводится анализ эффективности экологической политики КНР и анализируется форма экологической кривой Кузнецца для китайской экономики. Так в статье Junze Zhang, Mengting Luo и Shixiong Cao (2018) авторы пытаются выявить характеристики экологической кривой Кузнецца для КНР<sup>11</sup>. Для этого авторами в 2014 г. был проведен опрос случайным образом отобранных 3000 взрослых китайцев с использованием стратифицированной случайной выборки в шести областях, в которых активно проводилась национальная экологическая программа «Grain for Green». Данная программа проводится с 1999 г. и направлена на уменьшение эрозии почв и предотвращение наводнений. Цель опроса состояла в том, чтобы определить мнение самих китайцев относительно эффективности экологической политики Китая. Исходя из ответов, авторам удалось подсчитать, что минимальное значение экологической кривой Кузнецца (величина дохода, при которой приоритеты властей должны быть смещены с увеличения дохода к защите и охране окружающей среды) находится в точке с доходом на душу населения в пределах от 20 200 до 27 000 юаней (увеличение на 61,6% по сравнению с результатами аналогичного опроса в 2004 г.). ВВП на душу населения в Китае на 2016 г. составил 8123,18 USD<sup>12</sup>, и с учетом текущего курса это превышает найденную авторами критическую точку. Авторы статьи также считают, что правительство Китая должно найти способы быстрее увеличивать доход на душу населения, чтобы ускорить процесс движения Китая вдоль экологической кривой Кузнецца.

Таким образом, нам удалось подтвердить гипотезы, выдвинутые на этапе обзора литературы: в действительности, существует квадратичная взаимосвязь между экономическим ростом и загрязнением окружающей среды (выбросами CO<sub>2</sub>), которая не наблюдается в развитых странах в силу их специфики.

<sup>10</sup> См. подробнее ВВП США 2014 г, Источник:

<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=US>

<sup>11</sup> См. подробнее Xu T. (2018)

<sup>12</sup> URL: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>

## Заключение

В рамках данной работы нам удалось установить наличие взаимосвязи между уровнем загрязнений и экономическим ростом. Для стран со средним и низким уровнем дохода эта связь квадратичная. То есть существует этап развития экономики, на котором рост уровня загрязнений положительно сказывается на экономическом росте. Для стимулирования экономики на этом («раннем») этапе необходимо вводить мягкое экологическое регулирование. Нам также удалось установить средний критический уровень выбросов CO<sub>2</sub>, равный 0,43 кг на доллар ВВП в ценах 2011 г., при достижении которого отрицательное воздействие загрязнения окружающей среды перевешивает положительный эффект от наращивания производства, и рост ВВП на душу населения замедляется. Стоит отметить, что для более точных результатов необходимо рассчитывать критический уровень индивидуально для каждой страны.

В развитых странах, ввиду исчерпания возможностей для экстенсивного роста, описанная выше зависимость не наблюдается. Загрязнения окружающей среды в форме выбросов CO<sub>2</sub> значимо отрицательно влияют на экономический рост. Это говорит о том, что развитые страны с высоким уровнем дохода на душу населения могут добиться устойчивого роста только переходя к экологически чистым источникам энергии и вводя энергосберегающие технологии.

Данные выводы будут полезны как при формировании экологической политики, так и для будущих исследований влияния уровня загрязнений на экономический рост. Мы видим следующие возможные направления продолжения исследований:

1. Исследование механизмов влияния уровня загрязнений окружающей среды на экономический рост.
2. Определение индивидуальных критических уровней загрязнений для развивающихся экономик.
3. Оценка эффективности мер по контролю уровня загрязнений на основе затрат на реализацию этих мер и выигрыша от ускорения темпов экономического роста.
4. Определение оптимального (критического) уровня загрязнений, максимизирующего экономический рост, и расчет общемирового лимита объемов загрязнений,
5. Актуализация полученных в данной работе выводов на новых данных, расширение набора показателей уровня загрязнения окружающей среды.

Таким образом, уровень загрязнения может оказывать различное влияние на экономический рост стран. Это влияние зависит от этапа развития экономики страны и от абсолютной величины загрязнений. Необходимо учитывать этот факт при выработке экологической политики страны. Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ проекта 18-010-00974 А «Разработка модели управления ресурсным потенциалом территорий».

## Список литературы

Михалищев С., Раскина Ю. Экологическая кривая Кузнецца: случай России. Европейский Университет В Санкт-Петербурге, Факультет Экономики. 2016. Препринт Ес-03/2015.

Arellano M., Bond, S. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations // *The Review of Economic Studies*, 1991, 58(2). P. 277–297. URL: <https://doi.org/10.2307/2297968>

Arellano M., Bover O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models // *Journal of Econometrics*, 1995, 68(1). P. 29–51. URL: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)

Blundell R., Bond S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models // *Journal of Econometrics*, 1998, 87(1). P. 115–143. URL: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076\(98\)00009-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4076(98)00009-8)

Grossman G. M., Krueger A. B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement // *National Bureau of Economic Research Working Paper Series*. 1991. No. 3914. URL: <https://doi.org/10.3386/w3914>

Pao H.-T., Tsai C.-M. Multivariate Granger causality between CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, FDI (foreign direct investment) and GDP (gross domestic product): Evidence from a panel of BRIC (Brazil, Russian Federation, India, and China) countries // *Energy*, 2011, 36(1). P. 685–693. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.09.041>

Pao H.-T., Tsai C.-M. CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries // *Energy Policy*, 2010, 38(12). P. 7850–7860. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.045>

Solarin S. A., Al-Mulali U., Ozturkb I. Validating the environmental Kuznets curve hypothesis in India and China: The role of hydroelectricity consumption // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. V. 80. 2017. P. 1578–1587. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.028>

Stern D. I. Energy and economic growth in the USA: A multivariate approach // *Energy Economics*. 1993. 15(2). P. 137–150. – URL: [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0140-9883\(93\)90033-N](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0140-9883(93)90033-N)

Xu T. Investigating Environmental Kuznets Curve in China—Aggregation bias and policy implications // *Energy Policy*. 2018. V. 114. P. 315–322. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.027>

Zhang J., Luo M., Cao S. How deep is China's environmental Kuznets curve? An analysis based on ecological restoration under the Grain for Green program // *Land Use Policy*. 2018. V. 70. P. 647–653. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.052>

World Development Indicators. URL: <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>

## **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL POLLUTION ON ECONOMIC GROWTH**

**Olga Kudryavtseva**

*Doctor of Economics, Professor*

*Lomonosov Moscow State University*

*Faculty of Economics*

*(Moscow, Russia)*

**E. Ivanov, D. Kolesnik, E. Matveev, S. Pechenkin, Yu. Yakimova**

*Bachelor of Economics*

*Lomonosov Moscow State University*

*Faculty of Economics*

*(Moscow, Russia)*

### **Abstract**

*The work is devoted to testing the hypothesis of the existence of an inverted U-shaped dependence of economic growth on the level of environmental pollution, which was based on the concept of the ecological curve of Kuznets. The authors, using econometric methods and data from the World Bank, show that the hypothesis is correct: there is a turning point between the positive and negative nature of the dependence of economic growth on the level of CO<sub>2</sub> emissions. The hypothesis is confirmed for low- and middle-income countries, and the dependence is linear negative for countries with a high level of income. Based on the results, the authors formulate recommendations on environmental regulation in accordance with the level of the country's economic development.*

**Key words:** ecological curve Kuznets, economic growth, environmental pollution.

**JEL codes:** Q51, Q56.