

ПРОВЕРКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПОЛОЖЕНИЙ КРИВОЙ КУЗНЕЦА НА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВЫБОРКЕ

Я. Д. Чернявская

*студент, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
yana295775292@mail.ru*

Научный руководитель: Ю. Г. Абакумова

*магистр естественных наук, старший преподаватель,
Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
abakumovajg@bsu.by*

Экологическая кривая Кузнецца, описывающая связь между экономическим ростом и ухудшением состояния окружающей среды, является одним из наиболее распространенных методов эмпирического анализа эффективности экологизации экономики. Актуализация результатов должна позволить отслеживать экологические улучшения от технологического прогресса, восстановление нанесенного окружающей среде вреда, а также сценарии отклонения от траектории, при которых нанесенный ущерб не поддается восстановлению, а экономический рост ведет к большей экологической деградации.

Ключевые слова: экологическая кривая Кузнецца; перевернутая U-образная кривая; производственная функция.

TESTING THE THEORETICAL ASSUMPTIONS OF THE KUZNETS CURVE BASED ON A CROSS-SECTIONAL SAMPLE

Ya. D. Chernyavskaya

student, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus, yana295775292@mail.ru

Supervisor: J. G. Abakumova

*Master of Science, Senior Lecturer, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus,
abakumovajg@bsu.by*

The Kuznets environmental curve, which describes the relationship between economic growth and the environmental degradation, is one of the most widely used empirical analysis methods of the effectiveness of greening the economy. The results' updating should enable tracking of environmental improvements from technological progress, the restoration of damage inflicted on the environment, as well as scenarios where deviations from the trajectory occur, in which the inflicted damage is irreparable, and economic growth leads to greater environmental degradation.

Key words: enviromental Kuznets curve; inverted-U-shape; production function.

Кривая Кузнецца, изначально предложенная для исследований взаимосвязи неравенства в доходах и экономического роста, нашла затем более широкое применение, которое можно объяснить тем, что U-образная кривая, в том числе перевернутая, способна описать измене-

ние взаимосвязи между выбранными показателями на разных этапах экономического развития или роста [1]. Согласно положениям работ Саймона Кузнеця: неравенство в доходах растет на начальных этапах экономического роста, а затем, проходя определенный максимум в развитии и уровне национального дохода, неравенство или разрыв между доходами сокращается [2]. Так, в силу отмеченного сходства с кривой Кузнеця, перевернутую U-образная кривая зависимости между уровнем загрязнения окружающей среды и экономическим ростом стало принято называть экологической кривой Кузнеця (ЭКК). Предполагается, что с ростом ВВП на душу населения объем загрязнений на душу населения сначала растет до определенного уровня, а затем начинает снижаться. Потенциальное снижение объема загрязнений после т.н. поворотной точки, позволяет говорить о том, что экономический рост является возможным решением экологических проблем, а не их источником, как можно предположить изначально. А также, является основой гипотезы о возможности совмещения экономического роста и снижения антропогенного воздействия в рамках экологизации экономического развития.

Принято считать, что экономический рост влияет на качество окружающей среды тремя различными путями, или через три основных канала, которые можно обозначить как эффект масштаба, технологический эффект и эффект композиции (рис.) [3].

Эффект масштаба: увеличение выпуска продукции требует большего количества природных ресурсов, которые будут использованы в процессе производства продукции. Это способствует ухудшению качества окружающей среды, т.к. подразумевает увеличение объемов отходов производства и выбросов в качестве побочного продукта.

Эффект композиции: по мере роста доходов структура экономики имеет тенденцию к изменению и постепенному увеличению более «чистых» видов деятельности, которые производят меньше загрязнений. Ухудшение состояния окружающей среды имеет тенденцию к увеличению по мере изменения структуры экономики с сельской на городскую или с сельскохозяйственной на промышленную, но начинает снижаться с другим структурным изменением с энергоемкой промышленности на сферу услуг и наукоемкую технологическую промышленность. Таким образом, можно показать положительное влияние экономического роста на окружающую среду через эффект композиции.



Экологическая кривая Кузнеця

Эффект технологии: Развитая страна с высоким уровнем доходов может тратить больше на научно-исследовательскую деятельность и разработки, технологический прогресс позволяет прийти модернизированным новым и более чистым технологиям на замену грязным и устаревшим, что способствует улучшению качества окружающей среды. Это вид эффекта предполагает, что негативное воздействие на окружающую среду эффекта масштаба, преобладающего, как правило, на начальных этапах экономического роста, будет со временем компенсирован положительным воздействием эффектов композиции и технологии, которые имеют тенденцию к снижению уровня выбросов.

Применение методов корреляционного и регрессионного анализа для подтверждения Экологической кривой Кузнеця. Как правило, предварительный статистический или графический анализ, дополненные оценками корреляций и регрессионных моделей дают возможность сформировать четкие и обоснованные выводы об исследуемой взаимосвязи. Однако результаты при проверке интересующей нас гипотезы могут отличаться при рассмотрении выборок с разными характеристиками, в том числе для разных типов данных. Следует учитывать, что, например, при анализе временных рядов важным вопросом является наличие коинтеграции в случае рассмотрения в качестве переменных модели нестационарных временных рядов. Другими словами, кривая Кузнеця определяет траекторию развития как долгосрочное явление для отдельной экономики, которая проходит, т.е. растет, через разные стадии с течением времени. Также подтверждение гипотезы можно найти в пространственных выборках, при рассмотрении стран с различными уровнями развития экономики и дохода – низкими, средними и высокими.

Представляющими интерес являются исследования, в рамках концепции кривой Кузнеця, асимметрии и нелинейности переноса динамики ВВП на неравенство доходов и уровень загрязнения окружающей среды [4-5].

Запишем общий вид модели, предполагая использование любого типа данных, включая панельные данные. При оценке моделей, основанных на «экологической кривой Кузнеця» анализ начинают, как правило, с регрессии вида [6]:

$$\ln CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln^2 GDP_{it} + \beta_3 \ln^3 GDP_{it} + \beta_4 Z_{it} \quad (1)$$

где в качестве $CO2$ рассматривается оценка величины углеродных выбросов, GDP – ВВП, под i и t – соответственно понимают индексы стран и момента (периода) времени. Оба показателя могут быть использованы не только в логарифмах, как в представленном уравнении (1), но и в абсолютных величинах, также показатели можно рассматривать в расчете на душу населения и т.д. Дополнительно в модели могут рассматриваться и другие переменные, например, в качестве Z можно рассмотреть показатели численности населения или рабочей силы, урбанизации, внешней торговли и открытости экономики, энергоемкости экономики и потребления энергии. Кроме того, результаты определяются выбором показателей, например, выбором фактора, описывающего выбросы или загрязнение.

В случае рассмотрения полинома второй степени, или U-кривой, для подтверждения гипотезы о существовании Экологической кривой Кузнеця (ЕКС) необходимо, чтобы после оценки статистической адекватности модели и выполнения предпосылок метода, знаки коэффициентов соответствовали предположению: $\beta_1 > 0$, $\beta_2 < 0$. Под поворотной точкой понимают величину дохода, после достижения которой происходит снижение уровня углеродных выбросов.

Допускается также рассмотрение полинома третьей степени, тогда экологические изменения, соответствующие предположениям ЕКС можно выявить на определенных участках кривой. В таких случаях вместо перевернутой U-кривой рассматривается N-образная или перевернутая N-образная кривая с соответствующими условиями для коэффициентов: $\beta_1 > 0$,

$\beta_2 < 0$ и $\beta_3 > 0$ или $\beta_1 < 0$, $\beta_2 > 0$ и $\beta_3 < 0$ (β_3 – коэффициент при дополнительно вводимой переменной ВВП в третьей степени).

Для подтверждения взаимосвязи между выбросами и экономическим ростом было принято решение реализовывать модель на основе пространственной выборки: были рассмотрены данные 140 случайно выбранных стран: переменная ВВП (доллары США, в постоянных ценах 2015 г.) и переменная выбросов углекислого газа (в метрических тоннах) рассматриваются в логарифмической форме. В модели (1), где в качестве эндогенной переменной рассматривался уровень загрязнения, в качестве экзогенных переменных была использована только переменная ВВП, ее квадрат и куб. Целью было определить функциональную форму зависимости и проверить устойчивость знаков при коэффициентах, их соответствие предполагаемым. Так, было установлено, что логарифмирование данных, которое также допускается при оценке подобных моделей, влияет на результаты, т.к. сопутствующее логарифмированию сглаживание данных приводит к усилению мультиколлинеарности и искажает соответствующие результаты оценки параметров и их статистической значимости. Дополнительная проверка показала, что для стран с углеродными выбросами ниже среднего уровня, значимость и знаки параметров в модели оказались устойчивыми к логарифмированию.

Основываясь на полученных выводах, далее было принято решение оценивать систему рекурсивных уравнений и рассмотреть в качестве переменной ВВП в уравнении (1) оценки, полученные на основе макроэкономической производственной функции:

$$\ln GDP = \beta_0 + \beta_1 \ln Cap + \beta_2 \ln Lab, \quad (2)$$

где помимо уже включенной в модель (1) переменной ВВП рассматривались показатели валового накопления капитала и трудовых ресурсов в логарифмической форме (переменные $\ln Cap$ и $\ln Lab$ соответственно). Выполнение гипотезы о постоянной отдаче от масштаба (доверительная вероятность соответствующей t-статистики в тесте Вальда $P=0,48$) позволяет перейти к модели вида:

$$\ln GDP = \beta_0 + \beta_1 \ln Cap + (1 - \beta_1) \ln Lab.$$

После оценки эконометрических уравнений система принимает вид

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln CO_2 = -41,2 + 2,68 \ln GDP_{it} - 0,036 \ln^2 GDP \\ \quad (0,001) \quad (0,007) \quad (0,079) \end{array} \right. \quad (1.1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \ln GDP = 2,1 + 0,92 \beta_1 \ln Cap + (1 - 0,92) \ln Lab \\ \quad (0,000) \quad (0,000) \end{array} \right. \quad (2.1)$$

В круглых скобках под коэффициентами уравнений приведены значения доверительных вероятностей t-статистик в гипотезе о статистической значимости параметров регрессии. В случае модели (1.1) следует принимать во внимание корреляцию между переменными в правой части уравнения. В тесте на избыточные переменные для модели (1.1) с переменными в форме логарифмов подтвердилась обоснованность не включения в модель третьей степени для переменной ВВП (доверительная вероятность соответствующей F-статистики в тесте $P=0,73$). При проверке общего качества на основе формальных тестов, обе модели продемонстрировали удовлетворительное статистическое качество (коэффициенты детерминации составили 0,816 и 0,908 соответственно) и выполнение предпосылок о нормальности распре-

ления отклонений и постоянстве их дисперсии. Полученные оценки параметров соответствуют выдвинутым предположениям.

В совокупности, это подтверждает верность концепции Экологической кривой Кузнеца: на ранних стадиях индустриального развития, или в преиндустриальный период, происходит деградация окружающей среды, но затем, в процессе экономического развития в индустриальном периоде и после определенной точки, которую принято называть поворотной – дальнейший экономический рост вызывает улучшение состояния окружающей среды, этот период принято называть постиндустриальным. При этом необходимо отметить, что выполнение условий Экологической кривой Кузнеца можно считать условным, т.к. уровень поворотного дохода оказался достаточно высоким.

Для снижения уровня загрязнения и экологизации экономики, необходимо принимать решения, которые способствуют росту ВВП, при условии сокращения производственной природоемкости, внедрения малоотходных и ресурсосберегающих технологий. Стратегия перехода к устойчивой экономике предполагает, в частности, что основное внимание будет уделяться развитию наукоемких, высокотехнологичных, обрабатывающих и инфраструктурных отраслей, а воздействие на окружающую среду будет минимизироваться. Для достижения этой цели необходимо ориентировать фундаментальные исследования и прикладные разработки на создание инновационных, энергоэффективных и безотходных технологий.

Библиографические ссылки

1. *Abakumova J. G., Primierova O. K.* Economic Growth, Globalization and Income Inequality: the Case of Ukraine // *Proceedings of the Globalization and its socio-economic consequences*. 2018. P. 2445-2452.
2. *Kuznets S.* Economic Growth and Income Inequality // *The American Economic Review*. 1955. Vol. 45. P. 1 – 28.
3. *Grossman G. M., Krueger A. B.* Economic growth and the environment // *Quarterly Journal of Economics*. 1995. Vol. 110 (2). P. 353 – 377.
4. *Muratoğlu Y., Songur M., Uğurlu E. and Şanlı D.* Testing the environmental Kuznets Curve hypothesis at the sector level: Evidence from PNARDL for OECD countries // *Frontiers in Energy Research*. 2024. Vol. 12. P. 1 – 4.
5. *Abakumova J. G., Primierova O. K.* Globalization, Growth and Inequality: Testing Causality and Asymmetries // *Ekonomicko-manazerske spektrum*. 2018. Vol. 12(2). P. 83 – 95.
6. *Dinda S.* Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey // *Ecological Economics*. 2004. Vol. 49. P. 431 – 455.