

УДК 330

**Бердиева Мерджен,**

студент,  
кафедра экономики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Котельникова Алёна Константиновна,**

студент,  
кафедра экономики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Шарлаимова Ксения Ивановна,**

студент,  
кафедра экономики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**Дьячкова Анна Викторовна,**

доцент, кандидат экономических наук,  
кафедра экономической теории и экономической политики,  
Институт экономики и управления,  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина»  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

**ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА НА ВЫБРОСЫ  
УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА: ПРОВЕРКА КРИВОЙ КУЗНЕЦА**

*Аннотация:*

Проблема влияния экономического роста на состояние окружающей среды изучается достаточно длительное время, и одним из наиболее распространенных подходов к изучению данного вопроса является гипотеза экологической кривой Кузнеця. В статье с помощью эконометрического анализа исследовались факторы, оказывающие влияние на содержание газа в атмосфере и проверена гипотеза экологической кривой Кузнеця. В результате проведенного исследования авторы пришли к выводу, что по выборке стран Европы подтверждена гипотеза о кривой Кузнеця. Страны, достигнувшие высокого уровня экономического роста, не только повышают уровень жизни своего населения, но и снижают уровень выбросов углекислого газа.

*Ключевые слова:*

выбросы углекислого газа, экологическая кривая Кузнеця, экологическая проблема, экономический рост страны

### **Актуальность**

Более 30 лет наука указывала на надвигающуюся климатическую катастрофу. В прошлом году две сотни ученых со всего мира сделали доклад на основе результатов 14 тысяч научных работ за последнее десятилетие. И пришли к выводу, что планета нагревается экстремально быстро. Глобальное потепление идет полным ходом, а его бесспорная причина – человек [1]. Средняя глобальная температура за последние пять лет была одной из самых высоких за всю историю наблюдений, а масштаб недавних изменений в глобальной климатической системе не имеет аналогов на протяжении многих столетий или даже многих тысяч лет. При этом концентрация парниковых газов в атмосфере продолжает оставаться на рекордном уровне, обрекая планету на опасное нагревание в будущем.

Повышение глобальных температур усиливает экстремальные погодные явления по всему миру, что несет угрозу нам и будущему поколению. Люди страдают от учащенных лесных пожаров, наводнений, цунами и засух. Целые экосистемы рушатся. Мы находимся в начале массового вымирания диких животных, которое не наблюдалось многие десятки тысяч лет. Антропогенная деятельность начала нарушать естественное равновесие Земли [1]. Источниками загрязнения являются добыча энергии из газа, нефти и угля; все виды транспорта; вырубка лесов; беспощадное использование водных и других ресурсов Земли.

Без решительного сокращения выбросов мир не выполнит закрепленную в Парижском соглашении цель удержать к середине века глобальное повышение средних температур в пределах  $1,5^{\circ}\text{C}$  по сравнению с доиндустриальным уровнем. Выброшенных в атмосферу парниковых газов уже достаточно для повышения средней температуры на  $1,5^{\circ}\text{C}$  по сравнению с 19-м веком. Этот потолок будет пробит уже в 2040-м. Выбросы парниковых газов в результате деятельности человека являются основной движущей силой глобального потепления. Антропогенные выбросы парниковых газов увеличились с доиндустриальной эпохи в основном за счет экономического роста, промышленности, энергии, транспорта, вырубки лесов, животноводства и роста населения, и сейчас они выше, чем когда-либо. Это привело к беспрецедентной концентрации углекислого газа, метана и закиси азота в атмосфере, по крайней мере, за последние 800 000 лет.

Проблема влияния экономического роста на состояние окружающей среды изучается уже достаточно длительное время и одним из наиболее распространенных подходов к изучению данного вопроса является гипотеза экологической кривой Кузнеця. Данная кривая свидетельствует перевернутую U-образную зависимость между экономическим ростом и выбросами углекислого газа. На первом этапе экономическое развитие связано с увеличением выбросов  $\text{CO}_2$  на душу населения; затем начинается второй этап, на котором увеличение ВВП на душу населения связано с сокращением выбросов  $\text{CO}_2$  на душу населения.

### **Обзор литературы**

Прежде чем перейти к собственному эконометрическому исследованию на основе отобранных данных, сначала была подробно изучена существующая литература по данной тематике.

Одной из первых статей, изученных при написании статьи, была работа Элодии Мании «Диверсификация экспорта и выбросы  $\text{CO}_2$ : расширенная кривая Кузнеця для окружающей среды» [2]. В данной статье автор рассматривает прошлый опыт эконометрических исследований по данной теме, а также составляет собственную эконометрическую модель, включая в нее диверсификацию экспорта в качестве определяющего фактора выбросов  $\text{CO}_2$ . Перед ним стояла задача подтверждения двух гипотез: проверить справедливость кривой Кузнеця и исследовать влияние диверсификации экспорта на качество окружающей среды. Используя краткосрочный (системный обобщенный метод моментов) и долгосрочный (объединенная группа средних)

методы оценки, авторы пришли к выводу, что экологическая кривая Кузнецца верна и что диверсификация экспорта оказывает положительное влияние на выбросы CO<sub>2</sub>.

Далее была изучена статья, авторами которой являются Фатеме Растегарипур, Алиреза Карбаси и Фатемех Пирмалек, под названием: «Взаимосвязь между выбросами CO<sub>2</sub>, потреблением энергии и экономическим ростом в Иране» [3]. Данные, используемые в исследовании для анализа, охватывают с 1997 – 2019 года (22года) и были составлены на основе данных Центрального банка Ирана и Центра энергетического баланса Ирана. Целью их исследования был анализ взаимосвязи между выбросами CO<sub>2</sub> и экономическим ростом, потреблением энергии, используя обобщенный метод моментов.

Авторы рассматривают три уравнения одновременно: зависимость ВВП на душу населения от выбросов CO<sub>2</sub>, потребление энергии, производительности труда, капитал; зависимость потребления энергии от ВВП на душу населения, выбросов CO<sub>2</sub>, производительности труда, капитала; зависимость выбросов CO<sub>2</sub> от потребления энергии, экономического роста.

На основе проведенного исследования были сделаны следующие выводы: результаты в трех уравнения показывали на наличие положительной и значимой связи между выбросами CO<sub>2</sub> и потреблением энергии. Связь между экономическим ростом и показателями энергопотребления утверждает, что энергия является решающим фактором экономического роста, но он также является и значимым фактором в количестве выбросов CO<sub>2</sub>. На долю энергопотребления приходится большая часть выбросов.

Также была рассмотрена научная работа, опубликованная в 2020 году Боброва И.П., Шахнович Р.М. «Экономический рост и состояние окружающей среды: экологическая кривая Кузнецца для стран Восточной Европы и Балтии» [4]. В своей работе авторы изучали вопрос взаимосвязи экономического роста и состояния окружающей среды в странах восточной Европы и Балтии. Одним из наиболее перспективных подходов к изучению этой взаимосвязи является подход, основанный на идее «экологической кривой Кузнецца», предложенной Г. Гроссманом и А. Крюгером. Как отмечают сами авторы, экологическая кривая Кузнецца может быть объяснена «пороговым эффектом». Достижение некоторого порогового значения создает возможности для снижения выбросов. Такие возможности могут возникнуть с появлением новых технологий или изменениями в политике.

Проведя эконометрический анализ, авторы пришли к выводу, что гипотеза экологической кривой Кузнецца поддерживается и для стран восточной Европы и Балтии. Из факторов, характеризующих развитие экономики, наибольшее влияние на размер выбросов оказывает доля промышленности в ВВП. Реформирование экономики и особенно реформирование рынка электроэнергии являются факторами, положительно влияющими на объем выбросов CO<sub>2</sub>.

В целом положительная связь между объемом выбросов CO<sub>2</sub> и долей промышленности в ВВП является косвенным индикатором существования экологической кривой Кузнецца: в современных условиях развитие экономики сопровождается ускоренным развитием сферы услуг и снижением доли промышленности в ВВП.

В современных исследованиях Guo et al [5] и He et al [6] была проверена подобная гипотеза для Китая. Выводы в статьях согласуются с результатами для кейсов других стран. Так, было отмечено, что экологическая эффективность связана с размером городов: в небольших городах недостаточно финансовых и институциональных инструментов для проведения эффективной экологической политики, в то время как большие города обладают такими ресурсами для обеспечения реализации экологических проектов.

Фрик, Родригес-Позе [7] и Bowd et al [8] анализируют «экологическую модернизацию» мегаполисов, включающую озеленение улиц и крыш зданий. Однако это не обязательно приводит к положительному воздействию на окружающую среду.

Применительно к российским практикам Клюев, Сафронов, Иванова и др. [9-11] изучали уровень загрязнения. Ими было обнаружено, что в крупных городах уровень загрязнения обычно выше, чем в малых.

Таким образом, изучив научную литературу и теоретические аспекты изучаемой темы, мы приходим к выводу, что проблема взаимосвязи загрязнения и экономического роста является актуальной в научных работах. Исследователи приходят к выводу, что экологическая кривая Кузнецца находит подтверждение в странах Восточной Европы, Балтии, Ирана.

Данная проблема актуальна в исследовательском ключе.

Цель исследования заключается в проверке применимости кривой Кузнецца, отражающей связь между экономическим развитием страны и уровнем загрязнения (выбросов в атмосферу углекислого газа).

### Методология исследования

Эмпирическое исследование нацелено на проверку взаимосвязи экономических показателей страны и уровня загрязнений.

Рабочая гипотеза: кривая Кузнецца наблюдается для всех стран. При этом, если по параметрам промышленного загрязнения страна находится на падающей части данной кривой, это указывает на эффективную реализацию экологической политики. А рост ВВП не будет сопровождаться обострением экологических проблем.

Проверка данной гипотезы проведена с помощью эконометрического анализа. Для него использованы ежегодные данные из 21 стран Европы. Данное исследование охватывает период 2010-2019г. (Таблица 1).

Таблица 1 – Отбор данных и выбор факторов

ID	Описание	Единица измерения	Источник
Выбросы CO <sub>2</sub> на душу населения (объясняемая переменная)	Отношение общего количества выбросов, произведенной страной за год, к численности населения.	тонн	[12]
ВВП на душу населения по ППС	ВВП на душу населения (по ППС) представляет собой валовой внутренний продукт, конвертированный в международные доллары с использованием паритета покупательной способности и разделенный на общую численность населения.	Доллар США	[13]
Потребление энергии на душу населения	Среднегодовое потребление электроэнергии на душу населения (отношение общего количества потребленной электроэнергии к численности населения)	Киловатт-часах (кВтч)	[14]

Пассажирский транспорт на душу населения	Пассажирский транспорт относится к общему количеству пассажиров, использующих внутренний транспорт в данной сети. Данные выражены в миллионах пассажиро-километров, что соответствует перевозке одного пассажира на один километр. (общее количество пассажиро-километров деленная на численность населения)	миллионах пассажиро-километров.	[15]
--	--	---------------------------------	------

Так как мы исследуем данные из 21 стран Европы, охватывающие период времени с 2010 по 2019 год включительно, то данные являются панельными.

Для анализа панельных данных использованы модели с фиксированным и случайным эффектом.

### Результаты исследования

Используя отобранные данные построим модель с фиксированным эффектом с зависимости выбросов CO<sub>2</sub> на душу населения от количественных переменных: ВВП на душу населения (GDPpercapita), квадратичный ВВП на душу населения (gdp2), потребление энергии на душу населения (lnenergy), пассажирский транспорт на душу населения (transportpercapita).

Результаты оценивая модели представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Оценка значимости коэффициентов регрессии с фиксированным эффектом

lnCO2	Coef.	Std. Err.	t	P>t	[95% Conf. Interval]
gdp2	-1.43e-10	3.83e-11	-3.73	0.000	-2.18e-10 -6.72e-11
GDPpercapita	4.81e-06	3.23e-06	1.49	0.138	-1.56e-06 .0000112
lnenergy	.2434784	.0543531	4.48	0.000	.1361659 .3507909
transportpercapita	.0000102	9.35e-06	1.09	0.275	-8.22e-06 .0000287
_cons	-.3669486	.5000311	-0.73	0.464	-1.354189 .6202918

Интерпретируем полученные результаты оценки модели со случайными индивидуальными эффектами.

Переменная потребление энергии на душу населения и квадратичный ВВП на душу населения значимы на 1% уровне, а пассажирский транспорт на душу населения и ВВП на душу населения незначимы.

Построим модель со случайным эффектом. Результаты оценивая модели представлены в таблице 3:

Таблица 3 – Оценка значимости коэффициентов регрессии со случайным эффектом

lnCO2	Coef.	Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]
gdp2	-1.56e-10	3.78e-11	-4.14	0.000	-2.30e-10 -8.24e-11
GDPpercapita	6.37e-06	3.15e-06	2.02	0.043	2.03e-07 .0000125
lnenergy	.2939547	.0471499	6.23	0.000	.2015427 .3863668
transportpercapita	.0000173	8.21e-06	2.10	0.035	1.18e-06 .0000334
_cons	-.9059296	.426727	-2.12	0.034	-1.742299 -.0695602

Интерпретируем полученные результаты оценки модели со случайными индивидуальными эффектами.

Переменная потребление энергии на душу населения и квадратичный ВВП на душу населения значимы на 1% уровне, а пассажирский транспорт на душу населения и ВВП на душу населения - на 5% уровне.

Мы оценили две основные регрессии: регрессию с фиксированными индивидуальными эффектами и регрессию со случайными индивидуальными эффектами. Выберем из них модель, наиболее адекватную. Для этого проведем сравним модели с помощью теста Хаусмана:

$$H_0: cov(\alpha_i, x_{jt}) = 0$$

$$H_a: cov(\alpha_i, x_{jt}) \neq 0$$

Результат теста Хаусмана:

$$\chi^2(3) = (b-B)[(V_b-V_B)^{-1}](b-B) = 3.58$$

$$\text{Prob}>\chi^2 = 0.1620$$

$\text{Prob}>\chi^2 = 0.1620$ , следовательно  $H_0$ , выбираем модель со случайными эффектами.

Далее проверялось наличие в модели проблемы мультиколлинеарности, автокорреляции и гетероскедастичности. В модели присутствовала гетероскедастичность.

Для того, чтобы скорректировать влияние гетероскедастичности на значимость коэффициентов построим робастные (устойчивые к гетероскедастичности) оценки, и оценим значимость коэффициентов в новых условиях (Таблица 4):

Таблица 4 – Оценка значимости коэффициентов регрессии

lnCO2	Coef.	Robust Std. Err.	z	P>z	[95% Conf. Interval]
GDPpercapita	6.37e-06	3.97e-06	1.60	0.109	-1.41e-06 .0000142
gpd2	-1.56e-10	4.62e-11	-3.39	0.001	-2.47e-10 -6.59e-11
lnenergy	.2939547	.0933641	3.15	0.002	.1109646 .4769449
transportpercapita	.0000173	8.92e-06	1.94	0.053	-2.14e-07 .0000347
_cons	-.9059296	.7558095	-1.20	0.231	-2.387289 .5754298

Интерпретируем полученные результаты оценки модели со случайными индивидуальными эффектами:

Переменная потребление энергии на душу населения и квадратичный ВВП на душу населения значимы на 1 % уровне. Пассажирский транспорт на душу населения находится на грани значимости на 5% уровне. ВВП на душу населения находится на грани значимости на 10% уровне, это может быть связана тем, что при небольшом повышении ВВП на душу населения не оказывает заметного влияния на выбросы CO<sub>2</sub>.

Теперь проанализируем направление влияния факторов на выбросы углекислого газа.

Обратившись к таблице 4, мы можем увидеть, что изменения выбросов CO<sub>2</sub> на душу населения и потребление энергии на душу населения однонаправленные: при прочих равных условиях увеличение потребления энергии на душу населения на 1% приводит к увеличению выбросов CO<sub>2</sub> на 0.2939547%. При высоком уровне ВВП на душу населения, его увеличение на 1 приводит к уменьшению выбросов углекислого газа на душу населения на - 1.56e-10\*100% при прочих равных условиях.

Таким образом, подводя итог исследования, мы можем подтвердить справедливость кривой Кузнеця. Страны, достигнувшие высокого уровня экономического роста, не только повышают уровень жизни своего населения, но и снижают уровень выбросов углекислого газа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Межправительственная группа экспертов по изменению климата: официальный сайт// доклад IPCC - [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>
2. Элоди Мания (2019) Диверсификация экспорта и выбросы CO<sub>2</sub>: расширенная кривая Кузнеця для окружающей среды”, International Development. Режим дотупа: URL: <https://ezproху.urfu.ru:2014/doi/10.1002/jid.3441>
3. Растегарипур Ф., Карбаси А. и Ф. Пирмалек (2019) Взаимосвязь между выбросами CO<sub>2</sub>, потреблением энергии и экономическим ростом в Иране”, The Journal of Energy and Development Режим дотупа: URL: <https://www.jstor.org/stable/27006622>
4. Боброва И.П., Шахнович Р.М. (2020) Экономический рост и состояние окружающей среды: экологическая кривая Кузнеця для стран Восточной Европы и Балтии. Вестник НГУЭУ, (4):47-56. // URL: <https://doi.org/10.34020/2073-6495-2020-4-047-056>
5. Guo, J., Zhu, D., Wu, X., Yan, Y. (2017). Study on Environment Performance Evaluation and Regional Differences of Strictly-Environmental-Monitored Cities in China. *Sustainability*, 9, 2094.
6. He, Q., Wang, R., Ji, H., Wei, G., Wang, J., Liu, J. (2019). Theoretical Model of Environmental Justice and Environmental Inequality in China’s Four Major Economic Zones. *Sustainability*, 11, 5923.
7. Bowd, E. J., Banks, S. C., Bissett, A., May, T. W., & Lindenmayer, D. B. (2021). Direct and indirect disturbance impacts in forests. *Ecology Letters*, 24(6), 1225-1236.
8. Frick, S. A., Rodríguez-Pose, A., & Wong, M. D. (2019). Toward economically dynamic special economic zones in emerging countries. *Economic Geography*, 95(1), 30-64.
9. Klyuev, N. N. and Yakovenko, L. M. (2018). “Dirty” cities of Russia: the factors defining pollution of atmospheric air. *Bulletin of Peoples' Friendship University of Russia. Series: Ecology and health and safety*, 26(2), 237-50.
10. Safronov, V. V. et al. (2019). The substance and content of environmental supervisory activities in the Russian Federation. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 315 022066.
11. Ivanova, N. G. et al. (2019). Air pollution problems of a Russian Federation region and ways of their solution. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 315 022066.
12. Данные по выбросам углекислого газа по странам - [Электронный ресурс] // URL: <https://knoema.com/>
13. Данные ВВП на душу населения по странам - [Электронный ресурс] // URL: <https://knoema.com/>
14. Данные по потреблению энергии на душу населения по странам - [Электронный ресурс] // URL: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-electricity-consumption>
15. Данные по пассажирскому транспорту на душу населения по странам - [Электронный ресурс] // URL: <https://data.oecd.org/transport/passenger-transport.htm#indicator-chart>

**Berdieva Merjen,**  
Student,  
Department of Economics,  
Graduate School of Economics and Management,  
Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin  
Yekaterinburg, Russian Federation

**Kotelnikova Alyona K.,**  
Student,  
Department of Economics,  
Graduate School of Economics and Management,  
Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin  
Yekaterinburg, Russian Federation

**Sharlaimova Ksenia I.,**  
Student,  
Department of Economics,  
Graduate School of Economics and Management,  
Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin  
Yekaterinburg, Russian Federation

**Diachkova Anna V.,**  
Associate Professor, PhD in Economics,  
Department of Economic Theory and Economic Policy,  
Graduate School of Economics and Management,  
Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Yeltsin  
Yekaterinburg, Russian Federation

## **THE IMPACT OF ECONOMIC GROWTH ON CARBON EMISSIONS: KUZNETS CURVE TEST.**

### *Abstract:*

The problem of the impact of economic growth on the state of the environment has been studied for quite a long time, and one of the most common approaches to the study of this issue is the Kuznets ecological curve hypothesis. In the article, with the econometric analysis, the factors influencing the content of carbon dioxide in the atmosphere were studied and the hypothesis of the environmental Kuznets curve was tested. As a result of the study, the authors came to the conclusion that the Kuznets curve hypothesis was confirmed for a sample of European countries. Countries that achieve high levels of economic growth not only improve the standard of living of their people, but also reduce their carbon emissions.

### *Keywords:*

carbon dioxide emissions, environmental Kuznets curve, ecological problem, economic growth