

Зависимость углеродоемкости экономик стран мира от экологических факторов

А. Д. Крутилина¹, И. В. Проворная^{1,2}*

¹ Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: provornayaiv@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрено влияние ключевых факторов, отражающих переход страны на «зеленую» энергетику, на сокращение углеродоемкости стран. Выявленная цена на углерод была впервые рассчитана для некоторых из рассматриваемых стран, а после построения модели панельных данных были отобраны основные значимые факторы. Наибольшее влияние на углеродоемкость имеет ВВП страны, а цена на углерод по влиянию схожа с долей возобновляемых источников энергии в потреблении.

Ключевые слова: цена на углерод, парниковые газы, углеродный налог, панельные данные, изменение климата, глобальное потепление

Dependence of the carbon intensity of the economies of the world on environmental factors

A. D. Krutilina¹, I. V. Provornaya^{1,2}*

¹ Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

² Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: provornayaiv@gmail.com

Abstract. The paper considers the impact of key factors reflecting the country's transition to "green" energy on reducing the carbon intensity of countries. The revealed carbon price was calculated for the first time for some of the countries under consideration, and after constructing the panel data model, the main significant factors were selected. The country's GDP has the greatest impact on carbon intensity, and the carbon price is similar in influence to the share of renewable energy sources in consumption.

Keywords: carbon price, greenhouse gases, carbon tax, panel data, climate change, global warming

Введение

Проблема изменения климата и угроза глобального потепления стоят как самые сложные вызовы перед мировой экономикой и обществом в целом. Противодействие изменению температуры на планете Земля стоит как одна из важнейших Целей устойчивого развития ООН, которые были подписаны подавляющим большинством стран мира. На всех мировых экономических форумах разговоры об «озеленении» экономики стоят на повестке дня, так как теперь гло-

бальное потепление стало проблемой не только экологов, но и экономистов и правительств всех стран.

С конца 20-го века развитые страны начали вводить на территории своих стран те или иные инструменты по регулированию выбросов углекислого газа в атмосферу, что позволило им не только нарастить базу климатической политики, но и заметно улучшить благосостояние граждан путем улучшения условий их жизни.

Главным мотивом введения «углеродного» регулирования, как развитыми, так и ведущими развивающимися странами является стремление правительств сохранить и повысить конкурентоспособность экономик своих стран в условиях глобальной смены парадигмы развития в пользу наукоемкой, высокотехнологичной, низкоуглеродной модели.

Все больше компаний стремятся к углеродно-нейтральному производству, что позволило бы заметно сократить негативное воздействие человека на атмосферу. Поэтому, на современном этапе развития экономики как никогда актуализируются проблемы повышения эффективности управления выбросами парниковых газов. Весьма целесообразно будет рассмотреть опыт зарубежных стран по введению того или иного инструмента, а также проанализировать текущую ситуацию с регуляцией выбросов в России и мире.

Цель исследования: определить место и роль различных факторов и инструментов воздействия на сокращение выбросов парниковых газов с помощью модели панельных данных.

Методы и материалы

При решении проблемы огромных выбросов углекислого газа в атмосферу человечество встает перед дилеммой: с одной стороны, использование ископаемых топлив является наиболее распространенным, удобным и дешевым способом получения энергии, а на их замену на возобновляемые источники уйдут долгие годы. С другой же стороны, существует огромное негативное воздействие на экологию во время их добычи или использования.

Чтобы оценить усилия каждой страны по углеродному регулированию была рассчитана цена на углерод для каждой из рассматриваемых стран.

Цена на углерод – это стоимость, применяемая к загрязнению углерода, чтобы побудить загрязнителей сократить количество парниковых газов, которые они выбрасывают в атмосферу. Создание цены на углерод позволяет включить в стоимость производимой продукции внешние издержки, которые понесет экология и все общество во время преодоления последствий выброса, тем самым монетизируя урон природе.

Для определения выявленной цены на углерод необходимо было определить способ расчета данного значения, который бы включал в себя воздействие прямых и косвенных налогов, а также систему торговли выбросами.

Прямыми инструментами влияния на количество выбрасываемых парниковых газов обозначают углеродный налог и система торговли выбросами (ETS). Они называются прямыми так как если это налоговое воздействие, то ставка устанавли-

вается пропорционально количеству углерода, содержащегося в топливе или выделяющегося во время его сжигания, а при регулировании с ETS цена и объем напрямую регулируют количество углерода, поступающего в атмосферу. Косвенные же инструменты (энергетические налоги) имеют иную налоговую базу – ставка устанавливается согласно количеству использованной энергии.

Для оценки влияния «прямых» и «косвенных» ценовых сигналов были использованы данные по поступлениям от энергетических налогов, результаты торговли выбросами, общий объем выбросов CO₂ от сжигания ископаемых видов топлива.

Ценовой сигнал ETS был посчитан на основе средней годовой рыночной стоимости разрешений на выбросы на каждом углеродном рынке и степени ее покрытия выбросов в каждой отдельной стране.

Сумма всех трех показателей вычисляет «выявленную» цену на углерод для каждой страны в отдельный период времени (CP) [Степанов, 2018]:

$$CP = \frac{1}{E} \left(CT + P_{ETS} * E_{ETS} + \sum_k ET_k \right), \quad (1)$$

где E – общий объем выбросов от сжигания ископаемых топлив, CT – объем поступлений от углеродного налога, P_{ETS} и E_{ETS} – среднегодовая цена и объем торгов в системе торговли выбросами, ET_k – объем поступлений энергетического налога вида k.

Панельные данные обычно оцениваются с помощью 3 разных моделей: стандартная линейная (МНК), модель с фиксированными индивидуальными эффектами (FE) и с случайными индивидуальными эффектами (RE).

Разница между стандартной линейной моделью и моделью с учетом индивидуальных эффектов заключается в том, что каждый исследуемый объект является уникальным, в то время как МНК обобщенная для всех объектов. В модели FE предполагается, что эффекты представляют собой N фиксированных параметров, а в модели RE они являются случайными величинами.

Чаще модель с фиксированными эффектами используется, когда анализ касается только выбранных объектов, если же выборка является частью более широкой выборки, то применяется модель с случайными эффектами.

Прежде чем перейти к построению модели панельных данных необходимо было проанализировать все факторы, взятые как объясняющие переменные и отбросить коррелирующие, а так же «сгладить» все значения, логарифмируя их. После всех преобразований осталось 5 регрессоров: цена на углерод (CP), доля ВИЭ в потреблении (REC), ВВП (GDP), потребление бензина на транспорте (PC), площадь лесов (FA).

Модель в стандартном виде выглядит следующим образом:

$$\ln(CI_{it}) = \alpha + \beta_1 \ln(CP_{it}) + \beta_2 \ln(REC_{it}) + \beta_3 \ln(GDP_{it}) + \beta_4 \ln(PC_{it}) + \beta_5 \ln(FA_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Работа с панельными данными имеет свои преимущества. Во-первых, благодаря структуре панельных данных, возможно построение более гибких моделей, можно учитывать индивидуальные особенности каждого экономического агента, что нельзя делать с помощью стандартных уравнений регрессий. Кроме того, работа с панельными данными с технической точки зрения увеличивает число степеней свободы, уменьшает коллинеарность независимых переменных и позволяет получить более эффективные оценки.

Результаты

Расчет выявленной цены на углерод был проведен для 24 стран мира, использующих один или несколько типов регулирования выбросов парниковых газов от сжигания ископаемого топлива. Выбор стран был сделан из учета наличия перечисления всех энергетических налогов (косвенных инструментов) в методике OECD для вычисления углеродной цены, а также доступа к налоговым отчислениям по годам для каждой из рассматриваемых стран. [4]

Используя данные по всем трем инструментам, был произведен расчет выявленной цены на углерод для каждой рассматриваемой страны в 1995 – 2019 годах, итоги 2019 года представлены в (рис. 1).



Рис. 1. Выявленная цена на углерод по странам в 2019 году.
Источник: составлено автором на основе Eurostat, OECD.Stat

Рассмотрим другие факторы регрессии. Для построения модели были выбраны такие параметры, как валовой внутренний продукт (по паритету покупательской способности), среднегодовая инфляция, доля возобновляемой энергии в общем потреблении, прибыль добывающих компаний, доля нефтяных доходов в бюджете страны, потребление бензина на транспорте, численность населения, энергоэффективность, площадь лесов, количество крупного рогатого скота, объем сжигания попутного нефтяного газа, производство цемента.

По данным с официальной базы данных Организации экономического сотрудничества и развития, сайтов министерств энергетик и статистики, а также из

некоторых иных источников была сформирована панель, включающая в себя статистические значения выбранных параметров за период с 1995 по 2019 гг. по 24 странам. В построенную базу данных не были включены данные до 1995 и 2020 гг., так как до рассматриваемого периода страны не вводили те или иные инструменты по регулированию выбросов, а кризис 2020 г. будет наблюдаться как выброс, и статистические данные по нему не репрезентативны. Полученная модель включает 600 наблюдений по 12 переменным.

После определения наиболее релевантных факторов были рассчитаны коэффициенты всех трех моделей, результаты которых представлены в (таб.1)

Таблица 1

Результаты моделирования панельных данных

| | МНК | FE | RE |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Константа | 5,39*** | | 11,53*** |
| CP | -0,17*** | -0,156** | -0,153** |
| REC | -0,26*** | -0,17*** | -0,168*** |
| GDP | -0,48*** | -0,828*** | -0,818*** |
| PC | 0,21*** | 0,381*** | 0,388*** |
| FA | 0,21*** | 0,291*** | 0,298*** |
| <i>R</i> ² | 0,533 | 0,951 | 0,949 |
| <i>Скорр. R</i> ² | 0,528 | 0,949 | 0,948 |

Для выбора одной из трех видов существуют тесты, направленные на определение наиболее подходящей модели: стандартный F-тест, тест на множители Лагранжа и тест Хаусмана. Проведя эти три теста, оказалось что, для оценки построенного уравнения зависимости углеродоемкости от различных факторов среди рассмотренных способов моделирования наиболее точные оценки дает модель с фиксированными эффектами.

Исходя из полученных данных можно увидеть, что выявленная цена на углерод имеет схожее влияние с долей возобновляемых источников энергии в потреблении, а наибольшее влияние на углеродоемкость имеет ВВП страны, итоговое уравнение регрессии принимает следующий вид:

$$\ln(CI_{it}) = -0,16 * \ln(CP_{it}) - 0,17 * \ln(REC_{it}) - 0,828 * \ln(GDP_{it}) + 0,381 * \ln(PC_{it}) + 0,291 * \ln(FA_{it})$$

В работе была проверена гипотеза о положительном влиянии цены на углерод (как общего показателя развития климатической политики) на сокращение углеродоемкости страны. Оценка различных моделей панельных данных позволила убедиться в верности предложенной гипотезы.

Заключение

С общим развитием экономики (и, соответственно, ростом ВВП) страны все большее внимание уделяется вопросам экологии, а развитость финансовой си-

стемы позволяет финансировать «зеленые» проекты, сокращая выбросы парниковых газов. Необходимо уделить внимание переходу на чистые источники энергии, а также на сокращение потребления бензина на транспорте.

Двигаясь к достижению цели устойчивого развития по предотвращению глобального потепления, государства принимают различные экономические и институциональные меры по предотвращению наращивания выбросов углекислого газа в атмосферу. Развивая климатическую политику не только в развитых странах, но и используя достижения этой области в развивающихся странах, постепенно весь топливно-энергетический комплекс сможет перестроиться на «зеленую» энергетику.

Используя опыт других стран, а также не упуская разницу в институциональном развитии и возможностях администрирования новых инструментов, России необходимо как можно скорее ввести инструменты по ограничению выбросов углекислого газа, или же трансформировать существующие налоги, чтобы не допустить губительного влияния на воздух страны.

Так как топливно-энергетический комплекс страны является одним из самых важных в структуре российской экономики, то все изменения или нововведения стоит проводить с осторожностью и тщательным просчетом рисков и выгод от климатических инструментов. Но при правильном развитии ценообразования углерода в России, общество не только получит более чистый воздух со временем, но и доступ к возобновляемым источникам энергии, которые сейчас сложно получить из-за серьезной межтопливной конкуренции на рынках.

Благодарности

Исследование выполнено в рамках гранта Президента РФ по поддержке ведущих научных школ НШ-1280.2022.2 и базового проекта НИР лаборатории 349 ИНГГ СО РАН № FWZZ-2022-0013

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Башмаков И.А., 2018. Налог на углерод в системе налогов на энергию и экологических налогов. Экологический вестник России. Нефть. Газ. Химия: ООС (3)
2. Аверченков А.А., Галенович А.Ю., Сафонов Г.В., Федоров Ю.Н. Регулирование выбросов парниковых газов как фактор повышения конкурентоспособности страны. НОПППУ, 2013.
3. Степанов И. А. Налоги в энергетике и их роль в сокращении выбросов парниковых газов // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2019. Т. 23. № 2. С. 290–313
4. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1998 URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> (дата обращения 20.03.2022)
5. Hagmann David, Emily H Ho, George Loewenstein. Nudging out support for a carbon tax // Nature Climate Change. — 2019-05-13. — Т. 9, вып. 6. — С. 484–489.
6. Goulder L. H., Parry I. W. H. Instrument choice in environmental policy // Review of environmental economics and policy. 2008. 2(2). С. 152–174
7. OECD. Effective Carbon Prices. OECD Publishing, 2013.

© А. Д. Крутилина, И. В. Проворная, 2022