

УДК 504.064.2.001.18

В.П. Невежин, М.Д. Шуварилов

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва,
email: VPNevezhin@fa.ru, 197151@edu.fa.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБРОСЫ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Ключевые слова: климат, углекислый газ, экономико-математическое моделирование, регрессия, эконометрическое исследование.

В современном мире достаточно остро стоит проблема изменений климата, и одной причин этого являются выбросы парниковых газов: метана, углекислого и др. Все больше политиков, ученых, простых граждан из разных стран уделяют внимание данной проблеме, и многие исследователи предлагают способы сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу, применяя различные методы анализа и подходы. В статье представлены результаты проведенного исследования с применением экономико-математического моделирования, с учетом ряда факторов, оказывающих влияние на выбросы углекислого газа в 6 странах Европейского союза. В качестве факторов были выбраны расходы государства и корпораций на охрану окружающей среды, природоохранные трансферты, а также данные по доли возобновляемой энергии в конечном потреблении и др. С выбранным набором факторов были специфицированы и проанализированы как линейные, так и нелинейные эконометрические модели, а также выявлены те факторы, которые оказывают существенное влияние на формирование выбросов углекислого газа. Анализ показал, что для возможного дальнейшего применения из всех рассмотренных моделей следует выбрать линейную четырехфакторную и степенную трехфакторную регрессионную модель. При этом, основным объясняющим фактором, оказывающим влияние на снижение выбросов, является доля возобновляемой энергии. В то же время госрасходы в выбранных странах наоборот увеличивают выбросы CO_2 в атмосферу, что стало, в какой-то мере, неожиданным выводом исследования. Сравнение полученных регрессий показало, что они обе являются качественными и адекватными, но степенная лучше подходит для прогнозирования выбросов углекислого газа в будущих периодах, в то время как линейная наглядно показывает влияние конкретного предиктора на выбросы CO_2 .

V.P. Nevezhin, M.D. Shuvarikov

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
email: VPNevezhin@fa.ru, 197151@edu.fa.ru

STUDY OF FACTORS AFFECTING CARBON DIOXIDE EMISSIONS

Keywords: climate change, carbon dioxide, economic and mathematical modeling, regression model, econometric research.

In the modern world, the problem of climate change is quite acute, and one of the reasons for this is the emissions of greenhouse gases: methane, carbon dioxide, etc. More and more politicians, scientists, ordinary citizens from different countries are paying attention to this problem, and many researchers are offering ways to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere, using various methods of analysis and approaches. The article presents the results of the conducted research using economic and mathematical modeling, taking into account a number of factors affecting carbon dioxide emissions in 6 countries of the European Union. Government and corporate expenditures on environmental protection, environmental transfers, as well as data on the share of renewable energy in final consumption, etc. were selected as factors. With the selected set of factors, both linear and nonlinear econometric models were specified and analyzed, and those factors that have a significant impact on the formation of carbon dioxide emissions were identified. The analysis showed that for possible further application, a linear four-factor and a power-law three-factor regression model should be chosen from all the models considered. At the same time, the main explanatory factor influencing the reduction of emissions is the share of renewable energy. At the same time, government spending in selected countries, on the contrary, increases CO_2 emissions into the atmosphere, which was, to some extent, an unexpected conclusion of the study. A comparison of the obtained regressions showed that they are both qualitative and adequate, but the power-law is better suited for predicting carbon dioxide emissions in future periods, while the linear one clearly shows the influence of a specific predictor on CO_2 emissions.

В настоящее время общемировой проблемой является рост выбросов парниковых газов в атмосферу. За последние 100–150 лет концентрация парниковых газов, вызванная деятельностью человека, стабильно растет. Так, например, средняя концентрация CO_2 в атмосфере земли с 1955 по 2014 год выросла примерно на 25% с 315 до 395 млн. долей (рис.1) [1]. Это, в целом, свидетельствует о крайне негативном тренде, который пока ещё не преодолен несмотря на то, что после публикации данной статистики в докладе Global Carbon Budget 2014 прошло более 8 лет. Увеличение концентрации парниковых газов ведет к известным проблемам, которые описывают многие исследователи, в том числе и такой, как: нарушение глобального климатического равновесия Земли, повышающее средние температуры [2]. Еще в исследовании Межправительственной группы экспертов по изменению климата 2013 года напрямую приводятся сведения о том, что 30-летний период с 1983 по 2012 годы в Северном полушарии Земли является самыми теплыми за всю историю наблюдений, которые ведутся с 1850-х годов [3].

Всё это показывает отрицательную климатическую картину, и, если так продолжится и дальше, то могут начаться необратимые изменения, которые несомненно отразятся на жизнедеятельности всего человечества. Подтверждению этой климатической ситуации способствуют также произошедшие в 2021 году сильные смерчи, засуха и пожары, а в целом ряде регионов прошли сильные дожди, к которым они на таком уровне ранее не наблюдались.

Большинство развитых стран ведут постоянное обсуждение проблем изменений климата. Стоит вспомнить недавно состоявшийся Саммит в Глазго (ноябрь 2021 года) или подписание Парижского соглашения о защите климата 2015 года. Проблема выбросов парниковых газов остро стоит на мировой повестке, даже несмотря на бушующую до сих пор пандемию коронавируса.

Актуальность

В статье делается попытка провести анализ факторов, оказывающих существенное влияние на выбросы углекис-

лого газа, с применением эконометрического моделирования, и получить модель прогноза с учетом отобранных факторов. Потенциальным потребителем прогноза могут быть как Европейское агентство по окружающей среде, так и Минприроды России. Модель может наглядно показать, какие из рассматриваемых факторов и как они влияют (сглаживают или же нет) на выбросы углекислого газа.

Актуальность исследования подтверждается и принятием Европейским союзом инициативы по достижению углеродной нейтральности к 2030 году, а также введением Трансграничного углеродного налога (Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM) [4], который напрямую отразится на российских компаниях, поставляющих свою продукцию на европейский рынок.

Отчет компании Deloitte [5] «LT in Focus» от 21 июля 2021 года объясняет работу данного налога следующим образом: специальное агентство (CBAM Authority) будет выпускать сертификаты, которые импортеры должны будут покупать по цене, которая соответствует количеству выбросов парниковых газов (по законодательству ЕС). В первую очередь это коснется отечественных компаний рынка черной металлургии и компаний, производящих цемент.

Актуальность исследования для России подтверждается принятием Правительством РФ Распоряжения от 29.10.2021 № 3053-р, главной целью которого является утверждение стратегии сделать Россию страной с низким выбросом парниковых газов к 2050 году, а к 2060 – достичь углеродной нейтральности [6].

Анализ ранних исследований

Изучая проблему выбросов парниковых газов, необходимо рассмотреть подходы других авторов, рассматривающих данный вопрос с применением экономико-математических методов.

Одно из наиболее ранних исследований выполнено в 2003 году и было посвящено взаимосвязи роста ВВП и выбросам углекислого газа в Австрии [7]. Исследователи построили несколько моделей, среди которых наиболее качественной оказалась степенная модель третьей степени.

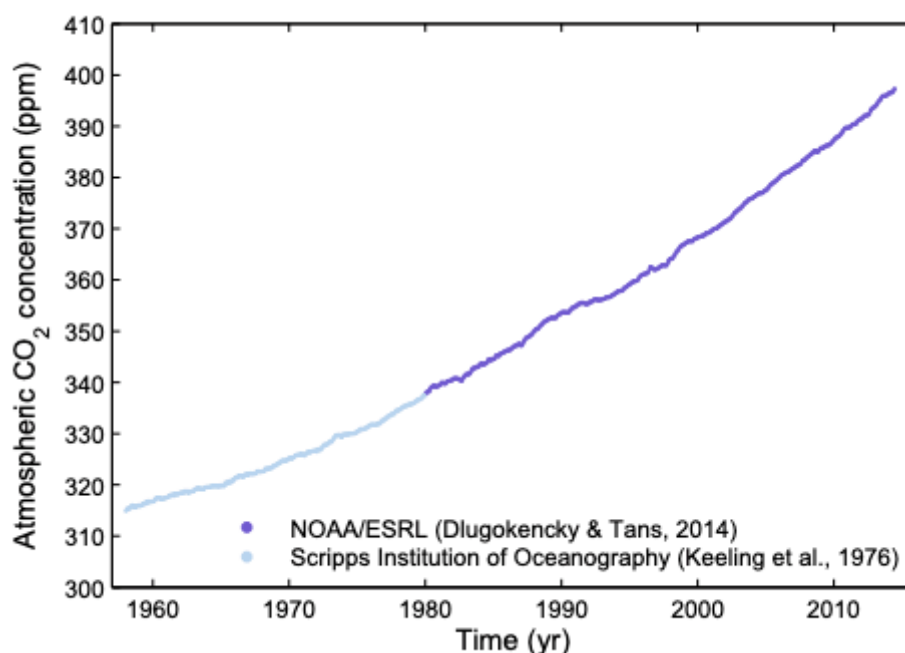


Рис 1. Средняя концентрация углекислого газа в атмосфере Земли 1950-е – 2010-е гг.
Источник [3]

Исследователи отмечали, что выборка имела структурные изменения, связанные с шоковым состоянием на нефтяном рынке в 1970-е годы. Из-за этого кривая построенной модели имела N-образную форму. Ключевые выводы были следующие: выбросы углекислого газа зависят не только от экономического роста, но и определяются краткосрочными колебаниями ВВП. Рассмотрев полученные результаты, можно увидеть, что на выбросы отрицательно влияет переменная ВВП², в то время как ВВП и ВВП³ оказывают положительное влияние. Однако, константа в модели имеет отрицательное значение, из-за чего сложно дать точное экономическое обоснование данному процессу.

Исследование А. Alberini, А. Bigano и ряда других авторов 2018 года было посвящено готовности общества платить за сокращение выбросов углекислого газа, что впоследствии должно привести к выгодам после их снижения [8]. Авторы исследования построили Logit-модель. Ключевые итоги данного исследования: люди готовы платить за сокращение выбросов, а также предпочитают возобновляемые источники энергии по-

вышению энергоэффективности «обычных» источников.

Приведем результат еще одного исследования, опубликованного в 2019 г и выполненное R. Kudlak [9]. В нем показана роль корпоративной социальной ответственности в прогнозировании выбросов углекислого газа. Автор исследования рассмотрел влияние мер экологического регулирования, как институциональные ограничения, влияющие на поведение и воздействие корпораций на окружающую среду, например, введение экологических налогов и сборов, субсидий. Массив исходных данных представлял собой сведения из анкет, где респонденты оценивали влияние тех или иных инструментов на улучшение экологических проблем с применением балльной оценки от 1 до 5. Полученное им качество модели не было высоким, поскольку коэффициент детерминации был ниже 0,5, но главный вывод работы состоял в том, что сочетание государственных регулирующих политик и мер саморегулирования (корпоративной социальной ответственности) является наиболее эффективным в достижении экологических целей.

Следует отметить еще одно исследование, проведенное Minami Kito, и опубликованное в 2021 году. В нем рассматривается влияние срока службы воздушного судна на выбросы CO_2 в Японии [10]. Результаты показали, что новые самолеты выбрасывают меньше углекислого газа в атмосферу. Кроме того, автор уделил особое внимание «Устойчивому авиационному топливу» (англ. SAF), которое также сокращает выбросы, однако является дорогим, а это, в свою очередь, отражается на ценах билетов.

3 ноября 2021 года исследовательская компания Ipsos выпустила свой отчет «Climate change + consumer behavior» [11]. Ими было проведено сравнение групп людей в 2020 и 2021 годах в 29 странах мира с основной целью – выявить, насколько сильно граждане заботятся об окружающей среде. Исследование показало, что люди стали меньше уделять внимание сохранению окружающей среды и во многом из-за того, что их внимание больше занимает проблема пандемии коронавируса.

Рассмотрев данные исследования, можем констатировать, что проблема изменений климата и окружающей среды является крайне актуальной на протяжении последних 20 лет, и ее рассматривают с различных сторон. Поэтому, любое новое качественное исследование в этой области может способствовать нахождению пути решения по минимизации негативного воздействия деятельности человека на окружающую среду.

Данные для исследования

Следует отметить, что отечественные статистические органы не в полной мере предоставляют в открытых источниках сведения о количественных показателях выбросов парниковых газов и факторов, которые оказывают существенное влияние на них, в отличие от Европейского бюро статистики, которое располагает подобными базами данных. Поэтому в нашем исследовании были использованы данные Европейского бюро статистики. В их число включены перекрестные данные за 5 лет (с 2014 г. по 2018 г.) по 6 странам ЕС: Австрии, Бельгии, Дании, Норвегии, Финляндии, Чехии [12]. Таким образом был сформирован пул из 30 рядов набора данных.

Для исследования были выбраны: зависимый фактор (Y) – количество выброшенного в атмосферу углекислого газа, тонн по каждой стране, и 5 объясняющих факторов: X_1 – государственные расходы на охрану окружающей среды, млн. евро, X_2 – расходы корпораций на охрану окружающей среды, млн. евро, X_3 – трансферты на охрану окружающей среды по природоохранной деятельности и институциональному сектору, млн евро. X_4 – доля возобновляемой энергии в валовом конечном потреблении, %.

Количественные значения названных факторов взяты из материалов Евростата и приведены в табл. 1 для ряда стран.

В задачу нашего исследования входило специфицировать эконометрические модели, оценить их параметры, провести анализ моделей на качество моделей и возможность их применения для определения, какие факторы и как оказывают влияние на выбросы CO_2 . Первоначально формулировалась следующая гипотеза, что все выбранные объясняющие факторы в модели отрицательно влияют на выбросы углекислого газа.

Расчеты необходимых для оценки значений производились с применением MS Excel и Gretl.

Не вдаваясь в подробности исследования, отметим, что же предстояло выполнить:

1. Рассчитать вектор и матрицу корреляции для первичной оценки влияния объясняющих факторов на объясняемый и определения их корреляции между собой.
2. Выполнить выбор существенных регрессоров методом VIF и, используя критерии Акаике и Шварца, определить ту спецификацию модели, которая будет в последующем исследоваться.
3. Осуществить проверку выполнения условий теоремы Гаусса-Маркова, используя для этого соответствующие в эконометрике тесты.
4. Оценить параметры полученных регрессий и выполнить проверку их статистической значимости.
5. Провести проверку полученных регрессий на статистическую значимость, качество и адекватность, а затем определить те или ту регрессию, которая может быть применена при прогнозировании количества выброшенного в атмосферу углекислого газа.

Таблица 1

Исходные данные для эконометрического исследования

Страна	Год	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Австрия	2014	47262420	582,7	8727,1	730,6	33,55
Бельгия	2014	75000154	2070	9671,7	2797	8,043
Дания	2014	63478186	827,6	2687,7	283,6	29,32
Норвегия	2014	53437292	1647,3	2350,1	607,5	68,21
Финляндия	2014	44856148	393,6	2440,8	443	38,78
Чехия	2014	85322286	890,5	2928,5	101,8	15,07
...	...	...	...	...	...	...
Австрия	2018	48640944	657,5	10943	660,7	33,81
Бельгия	2018	77735629	2505,7	11024	2526	9,478
Дания	2018	68398118	828,3	2997	322,1	35,41
Норвегия	2018	61134743	1702,5	2522	576,4	71,8
Финляндия	2018	43987509	336,4	2540,1	339,8	41,16
Чехия	2018	86395475	1514,3	3453,7	80,7	15,14

gretl: модель 1

Файл

Правка

Тесты

Сохранить

Графики

Анализ

LaTeX

Модель 1: МНК, использованы наблюдения 1–30

Зависимая переменная: Y

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	6.98482e+07	2.98110e+06	23.43	1.57e-18	***
X1	23617.2	1828.95	12.91	1.47e-12	***
X2	-747.158	351.597	-2.125	0.0436	**
X3	-12758.9	1911.05	-6.676	5.37e-07	***
X4	-620358	44703.7	-13.88	3.00e-13	***

Среднее завис. перемен

62906296

Ст. откл. завис. перемен

15374382

Сумма кв. остатков

4.29e+14

Ст. ошибка модели

4140957

R-квадрат

0.937461

Исправ. R-квадрат

0.927455

F(4, 25)

93.68829

P-значение (F)

1.14e-14

Лог. правдоподобие

-496.9265

Крит. Акаике

1003.853

Крит. Шварца

1010.859

Крит. Хеннана-Куинна

1006.094

параметр rho

-0.022839

Стат. Дарбина-Уотсона

1.951230

обратите внимание на сокращенные обозначения статистики

Рис 2. Результат построения четырехфакторной линейной модели в Gretl

Исследование

Построив вектор и матрицу корреляции по выбранным объясняющим факторам, в ней были выделены наиболее значимые (X_1 и X_4), но при проведении анализа моделей по критерию Акаике (AIC) и Шварца (BIC) оказалось, что исходная модель имеет лучшие статистические значения и она берется в основу

последующего исследования. Тем самым вначале была выбрана множественная линейная модель.

Анализ предпосылок теоремы Гаусса-Маркова для данной модели показал, что случайные возмущения по выполнению условий теоремы Гаусса-Маркова показала следующие результаты: тест Уайта показал их гомоскедастичность,

тест Дарбина-Уотсона отсутствие автокорреляции, а тест Шапиро-Уилка – нормальное их распределение.

После оценки параметров данной четырехфакторной линейной эконометрической модели, ее эконометрические характеристики имеют значения, приведенные на рис. 2.

Полученный результат свидетельствует, что полученные параметры регрессии статистически значимы, средняя ошибка аппроксимации модели составляет 5,04%, а интервальное прогнозирование показало адекватность. Полученная линейная четырехфакторная модель является качественной и может быть в дальнейшем использована для прогнозирования выбросов углекислого газа. Она имеет следующий вид:

$$Y = 69848222 + 23617 \times X_1 - 747 \times X_2 - 12759 \times X_3 - 620358 \times X_4.$$

Были также исследованы нелинейные многофакторные регрессионные модели, оценены ее параметры и их статистическая значимость, качество и адекватность самих регрессий. Рассмотрены такие нелинейные множественные модели, как: параболическая, экспоненциальная, гиперболическая, степенная.

После оценки параметров перечисленных множественных моделей, оказа-

лось, что такие нелинейные модели, как параболическая, экспоненциальная и гиперболическая не могут рассматриваться для последующего прогнозирования влияния выбранных объясняющих факторов для определения влияние на выбросы углекислого газа.

Так нелинейная множественная параболическая регрессия была исключена из последующего рассмотрения из-за того, что имеет более низкий коэффициент детерминации по сравнению с линейной множественной регрессией.

В свою очередь, экспоненциальная модель также имеет более низкий коэффициент детерминации по сравнению с линейной и степенной, но еще и то, что ее средняя ошибка аппроксимации больше, чем у линейной, и равна 5,68%.

Что же касается множественной степенной модели, то в ней фактор X_2 оказался статистически не значим, а поэтому был исключен из модели. Результаты анализа трехфакторной степенной модели представлены на рис. 3.

По результатам, представленным в рис. 3, видно, что параметры модели статистически значимы, модель имеет высокое качество, а ее средняя ошибка аппроксимации равна 4,72%, что ниже по сравнению с линейной множественной моделью.

gretl: модель 4

Файл Правка Тесты Сохранить Графики Анализ LaTeX

Модель 4: МНК, использованы наблюдения 1–30

Зависимая переменная: $\ln Y$

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	17.4064	0.189599	91.81	3.42e-34	***
$\ln X_1$	0.266708	0.0228800	11.66	7.95e-12	***
$\ln X_3$	-0.115772	0.0124889	-9.270	1.00e-09	***
$\ln X_4$	-0.182918	0.0198194	-9.229	1.10e-09	***
Среднее завис. перемен	17.92781	Ст. откл. завис. перемен	0.247533		
Сумма кв. остатков	0.116200	Ст. ошибка модели	0.066852		
R-квадрат	0.934606	Исправ. R-квадрат	0.927060		
F(3, 26)	123.8624	P-значение (F)	1.62e-15		
Лог. правдоподобие	40.73648	Крит. Акаике	-73.47295		
Крит. Шварца	-67.86816	Крит. Хеннана-Куинна	-71.67993		
параметр rho	0.134368	Стат. Дарбина-Уотсона	1.684843		
обратите внимание на сокращенные обозначения статистики					

Рис. 3. Результат построения трехфакторной степенной модели в Gretl

В принципе она может быть применена для прогнозирования причин выбросов углекислого газа, а ее вид регрессии имеет вид:

$$Y = 36266964,26 \times X_1^{0,267} \times X_3^{-0,116} \times X_4^{-0,183}$$

Результаты

Среди всех исследованных моделей наиболее качественными и адекватными можно назвать линейную и степенную. Проведя экономическую интерпретацию полученных результатов эконометрического исследования для множественной линейной модели, надо отметить, что:

1. При отсутствии влияния объясняющих факторов количество выброшенного углекислого газа в атмосферу составит 69848222 тонн.

2. При увеличении государственных расходов на охрану окружающей среды на 1 млн евро, количество выбросов увеличится 23617 тонн. Данный факт опровергает поставленную нами изначально гипотезу об отрицательном влиянии каждого фактора на объясняемую переменную. Тем не менее, согласно проведенному экономико-математическому исследованию, для выбранных для анализа стран расходы государства только увеличивают выбросы углекислого газа. Возможно, это связано с тем, что предприятия, производящие наибольшее количество выбросов, видя увеличение расходов государства, либо сокращают свои расходы, либо увеличивают вредное производство и тем самым повышают загрязнение атмосферы углекислым газом.

3. При увеличении расходов корпораций на охрану окружающей среды на 1 млн евро выбросы CO₂ сокращаются на 747 тонн, показывая тем самым большую эффективность в борьбе с загрязнением окружающей среды, чем государственные прямые расходы. Стоит отметить, что для преодоления негативного влияния каждого дополнительно млн. евро госрасходов (согласно полученной модели), корпорации необходимо потратить 31,6 млн евро.

4. Трансферты на природоохранную деятельность также снижают выбросы углекислого газа. Так, при их увеличении на 1 млн. евро выбросы сокращаются на 12759 тонн. Тем самым трансферты

показывают большую эффективность, нежели прямые госрасходы. Можем сделать вывод, что получатели трансфертов, а это в том числе и компании, более эффективно борются с выбросами углекислого газа в атмосферу, чем государственные структуры.

5. Наиболее эффективным способом сокращения выбросов является доля возобновляемой энергии в валовом конечном потреблении. При увеличении доли на 1% выбросы CO₂ сократятся на 620358 тонн.

Ключевые выводы из модели: для наиболее эффективного сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу необходимо увеличивать долю возобновляемой энергии в конечном потреблении, а также трансферты на природоохранную деятельность и расходы корпораций, минимизировав прямые расходы государства на охрану окружающей среды.

Интерпретация результатов анализа степенной модели более сложна в силу ее нелинейности. Так, при увеличении каждого из трех факторов модели, а именно: госрасходов на охрану окружающей среды, трансфертов, доли возобновляемой энергии, получим разное изменение объясняемой переменной в зависимости от начальных значений объясняющих факторов. Тем не менее, можем выделить следующее:

1. Средние коэффициенты эластичности каждого объясняющего фактора равны степени, в которую регрессор возводится в данной модели. То есть $\varepsilon_{a_1} = 0,267$, $\varepsilon_{a_3} = -0,116$, $\varepsilon_{a_4} = -0,183$.

2. Как и в случае с линейной моделью, государственные расходы положительно влияют на объясняемую переменную.

3. Трансферты на природоохранную деятельность снижают выбросы CO₂.

4. Наиболее эффективным методом сокращения выбросов, как и в линейной модели, выделяет долю возобновляемой энергии в конечном потреблении.

Рассматривая данные модели, хотелось бы разделить для каждой из них конечное назначение. Линейная модель наглядно показывает, какие из четырех исходных объясняющих факторов и как они влияют на объясняемую переменную. В то же самое время степенная модель наиболее хорошо подходит для прогнозирования выбросов, поскольку име-

ет более низкую среднюю ошибку аппроксимации, по сравнению с линейной (4,72% против 5,04% соответственно).

Выводы

В данной работе нами было проведено исследование с использованием экономико-математических методов – эконометрического исследования. Главной целью было построить качественные регрессионные модели и выявить наиболее значимые объясняющие факторы, оказывающие влияние на выбросы углекислого газа в атмосферу.

По итогам всех проведенных тестов наиболее качественными моделями, построенным по исходным данным, получились линейная четырехфакторная модель и степенная трехфакторная, в которой используются все объясняющие переменные, кроме расходов корпораций на охрану окружающей среды.

Ключевые выводы по всему исследованию таковы:

1. Государственные расходы в исследуемых странах на охрану окружающей среды не уменьшают, а увеличивают выбросы CO₂ в атмосферу. Данный факт опроверг изначальную гипотезу исследования: все объясняющие факторы отрицательно влияют на объясняемую переменную.

2. Объясняющие факторы – расходы корпораций на охранную окружающую среды (значим только в линейной модели), природоохранные трансферты институциональному сектору и доля возобновляемой энергии в валовом конечном потреблении отрицательно влияют на количество выбросов углекислого газа в атмосферу. Причем по результатам исследования наиболее эффективное – доля возобновляемой энергии.

Библиографический список

1. Le Quéré, R. Moriarty, R. M. Andrew et al. Global carbon budget 2014. Earth System Science Data (ESSD). 2014. № 6. P. 1-90.
2. Рогозин М.Ю., Иванченко Д.С. Чем опасен парниковый эффект // Молодой ученый. 2017. № 51(185). С. 120-124.
3. Изменение климата, 2013: Физическая научная основа // Резюме для политиков. МГЭИК. 2013. 3 с.
4. Delivering the European Green Deal. [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/> (дата обращения: 12.03.2022).
5. LT in focus. Углеродный налог в ЕС// Отчет компании Deloitte. Deloitte. 2021. 2 с.
6. Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р.
7. Friedl B., Getzner M. Determinants of CO2 emissions in a small open economy// Ecological Economics. 2003. № 45 (1). P. 133–148. DOI: 10.1016/S0921-8009(03)00008-9.
8. Alberini A., Bigano A., Ščasný M., & Zvěřinová I. Preferences for Energy Efficiency vs. Renewables: What Is the Willingness to Pay to Reduce CO 2 Emissions? Ecological Economics. 2016. № 144. P. 171–185. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.08.009.
9. Kudlak R. The role of corporate social responsibility in predicting CO2 emission: An institutional approach. Ecological Economics. 2019. № 63. P. 169–176. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2019.04.027.
10. Kito M. Impact of aircraft lifetime change on lifecycle CO2 emissions and costs in Japan. Ecological Economics. 2021. № 188. P. 107104. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107104.
11. Climate Change and Consumer Behaviour. A Global Advisor survey – Ipsos. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipsos.com/sites/default/files/ct/news/documents/2021-10/> (дата обращения: 10.03.2022).
12. Eurostat database. (2021). [Электронный ресурс]. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/> (дата обращения: 20.03.2022).