

И. В. Проворная^{1}*

Прогноз уровня углеродоемкости экономики по странам мира

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация

* e-mail: provornayaiv@gmail.com

Аннотация. В работе исследована динамика углеродоемкости экономики стран мира. Показано, что при сохранении тенденций, сложившихся в 1990 – 2019 гг., углеродоемкость мировой экономики сократится к 2030 году ещё примерно на 40%. Наибольшие темпы сокращения сохранятся для Китая. Практически без изменений останется углеродоемкость стран Латинской Америки и Карибского бассейна, продолжится её рост на Ближнем Востоке.

Ключевые слова: углеродоемкость экономики, выбросы углекислого газа, доверительный интервал, регрессионная модель, прогнозирование, страны мира

I. V. Provornaya^{1}*

Forecast of the level of carbon intensity of the economy by countries of the world

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 studies the dynamics of the carbon intensity of the economies of the countries of the world. It is shown that if the trends prevailing in 1990 – 2019 continue, the carbon intensity of the world economy will decrease by about 40% by 2030. The largest reduction rates will remain for China. The carbon intensity of Latin America and the Caribbean will remain virtually unchanged, and its growth in the Middle East will continue.

Keywords: carbon intensity of the economy, carbon dioxide emissions, confidence interval, regression model, forecasting, countries of the world

Введение

Энергетическая эффективность - важный приоритет в экономике большинства стран мира, так как способствует решению таких проблем, как: энергетическая безопасность, изменение климата, повышение конкурентоспособности экономик, рост благосостояния потребителей.

Ответом на глобальное изменение климата, вызванное антропогенными выбросами парниковых газов (в том числе диоксида углерода) в атмосферу, является переход в глобальном масштабе к низкоуглеродному развитию. Одной из важнейших характеристик низкоуглеродной экономики является уровень углеродоемкости ВВП и темпы его изменения. Также важно проанализировать динамика объёма выбросов углекислого газа по странам мира.

Цель исследования – построение прогноза углеродоемкости экономики.

В статье были поставлены и решены следующие задачи:

- анализ динамики выбросов углекислого газа;
- исследование динамических рядов углеродоемкости экономики;
- построение прогноза углеродоемкости экономики до 2030 года;

Методы и материалы

Для анализа динамических рядов было использовано аналитическое выравнивание. В качестве моделей тренда рассматривались: линейная, логарифмическая, экспоненциальная и степенная. Экспоненциальная и степенная модели были приведены к линейным с помощью логарифмирования:

$$\ln y = \ln \beta + \gamma * t + \varepsilon, \quad (1)$$

$$\ln y = \ln \beta + \gamma * \ln t + \varepsilon, \quad (2)$$

где y – уровень энергоемкости, β и γ – параметры модели.

На основе проведенного эконометрического анализа показано, что по большинству регионов мира наилучшим образом динамика углеродоемкости экономики может быть описана степенной моделью.

На основе проанализированных временных рядов сделан прогноз изменения углеродоемкости экономики на долгосрочную перспективу [1].

Наиболее значимым показателем, который характеризует качество прогнозных оценок, является расхождение границ доверительного интервала от значения тренда.

В общем виде доверительный интервал определяется по формуле [2, 3]:

$$_x0001_, \quad (2)$$

где $_x0001_$ – расчетное значение $_x0001_$, $_x0001_$ – ошибка прогноза.

Ошибка прогноза для линейной модели определяется по формуле:

$$_x0001_, \quad (3)$$

где $_x0001_$ – значение t-статистики Стьюдента, $_x0001_$ – стандартная ошибка оценки.

В качестве одного из показателей, характеризующих точность прогнозов может выступать отношение значения тренда и верхней границы доверительного интервала:

$$_x0001_, \quad (4)$$

где $_x0001_$ – верхняя граница доверительного интервала для уровня углеродоемкости i -го макрорегиона в конечный момент прогноза, $_x0001_$ – значение углеродоемкости для i -го макрорегиона в конечный момент прогноза.

Результаты и обсуждение

Почти четверть вклада в возникновение парникового эффекта приходится на углекислый газ (СО₂), источником его масштабного появления служат вулканические извержения, дыхание живых организмов, процессы гниения органического материала, а также результаты человеческой деятельности (антропогенные факторы), среди которых выделяются: сжигание топлива и горючих ископаемых; горение биоматериалов (дерева, органических отходов); вырубка лесов; производство химических продуктов и цемента.

Совокупный объем выбросов углекислого газа в мире в 2019 году составил 33,3 млрд т (табл. 1). Состав лидеров по объему выбросов СО₂ является достаточно традиционным: первое место занимает Китай (28,8% от совокупного объема выбросов в мире), второе место США (14,5%), далее располагаются Европейский союз (9,7%), Индия (7,3%), Россия (4,5%) и Япония (3,3%). На долю стран ОЭСР (за исключением США и Японии) приходилось 17,3% выбросов, а на развивающиеся страны (за исключением Китая, Индии и России) – 24,3%.

Особенностью 2019 года является стабилизация уровня выбросов по сравнению с предыдущим годом, зафиксированная на фоне усилий, предпринимаемых развитыми странами для отказа от выработки энергии на основе угля и перехода на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и природный газ. При этом развивающиеся государства, напротив, увеличили выбросы углекислого газа, главным образом за счет наращивания сжигания угля.

Стабилизация объёма выбросов впервые произошла на фоне экономического роста в странах с развитой экономикой (в 2019 году он в среднем составил 1,7%), предыдущие факты снижения выбросов были зафиксированы в 2009 и 2015 годах и явились следствием мирового финансового кризиса 2008 года, а также резкого изменения мировых цен на углеводороды. Ещё одним фактором, оказавшим влияние на снижение выбросов, явилось вступление в силу международных документов, направленных на решение экологических проблем, связанных с усилением парникового эффекта (Киотского протокола и Парижского соглашения).

Таблица 3

Выбросы углекислого газа по макрорегионам в 1990 – 2018 гг.

	Выбросы углекислого газа			
	1990		2019	
	млн. т	в % к итогу	млн. т	в % к итогу
Мир – всего	20516,04	100,0	33513,25	100,0
Северная Америка	5212,34	25,4	5486,36	16,4
Развитые страны Европы	3985,58	19,4	3152,84	9,4
Развитые страны АТР	337,72	1,6	1027,90	5,1
Развивающиеся страны Европы	1046,69	5,1	715,27	2,1
Развивающиеся страны АТР (без Китая)	1723,81	8,4	2923,25	11,9
Китай	530,12	2,6	2307,78	28,6

	Выбросы углекислого газа			
	1990		2019	
	млн. т	в % к итогу	млн. т	в % к итогу
Страны СНГ	2811,56	13,7	2148,65	6,4
Ближний Восток	535,68	2,6	1772,93	5,3
Африка	530,71	2,6	1244,89	3,7
Латинская Америка и страны Карибского бассейна	547,78	2,7	1034,50	3,1

Источник: рассчитано автором.

Ответом на глобальное изменение климата, вызванное антропогенными выбросами парниковых газов (в том числе диоксида углерода) в атмосферу, является переход в глобальном масштабе к низкоуглеродному развитию. Одной из важнейших характеристик низкоуглеродной экономики является уровень углеродоемкости ВВП и темпы его изменения (табл. 2).

Углеродоемкость экономики – это объем выбросов диоксида углерода (CO₂) на единицу валового внутреннего продукта, рассчитанного по паритету покупательской способности. Эта переменная наиболее точно определяет взаимосвязь развития экономики и ее выбросы в атмосферу. Углеродоемкость важна для государств, так как при ее высоком значении это делает страну уязвимой перед мерами климатической политики иных государств, влияет на конкурентоспособность продукции и экономическую безопасность.

С помощью регрессионного анализа для каждого макрорегиона была выбрана наилучшая модель, которая использована для построения прогноза на 2030 год [4–8].

Таблица 2

Выбросы углекислого газа по макрорегионам в 1990 – 2019 гг.

	1990		2019		2030 (прогноз)	
	кгСО ₂ / долл.	в % к миро- вому уровню	кгСО ₂ / долл.	в % к миро- вому уровню	кгСО ₂ / долл.	в % к миро- вому уровню
Мир – всего	0,70	100,0	0,26	100,0	0,16	100,0
Северная Америка	0,47	67,1	0,25	96,2	0,15	93,8
Развитые страны Европы	0,29	41,4	0,14	53,8	0,07	43,8
Развитые страны АТР	0,26	37,1	0,20	76,9	0,18	112,5
Развивающиеся страны Европы	0,47	67,1	0,18	69,2	0,15	93,8
Развивающиеся страны АТР (без Китая)	0,22	31,4	0,17	65,4	0,14	87,5
Китай	1,31	187,1	0,45	173,1	0,15	93,8
Страны СНГ	0,76	108,6	0,42	161,5	0,20	125,0
Ближний Восток	0,27	38,6	0,33	126,9	0,36	225,0

	1990		2019		2030 (прогноз)	
	кгСО2/ долл.	в % к миро- вому уровню	кгСО2/ долл.	в % к миро- вому уровню	кгСО2/ долл.	в % к миро- вому уровню
Африка	0,25	35,7	0,20	76,9	0,18	112,5
Латинская Америка и страны Карибского бассейна	0,09	12,9	0,08	30,8	0,08	50,0

Источник: рассчитано автором.

Традиционно высоким уровнем углеродоемкости отличается Китай. В 1990 году углеродоемкость экономики Китая превышала среднемировой уровень в 1,87 раза, в 2019 году – в 1,73 раза, при этом именно для Китая характерен самый высокий темп снижения углеродоемкости, за период с 1990 по 2019 гг. она сократилась почти на 66% (в среднем по миру сокращение составило 63%).

В 2019 году уровень углеродоемкости выше среднемирового был также зафиксирован в странах СНГ и на Ближнем Востоке (в 1,62 и 1,27 раза выше, соответственно), при этом в период с 1990 по 2018 гг. для стран СНГ было характерно снижение углеродоемкости (почти на 45%), а для Ближнего Востока её рост (в 1,22 раза).

В группу стран с углеродоемкостью в 77–96% от мирового уровня входят Африка, развитые страны АТР и Северная Америка, углеродоемкость в этих макрорегионах снижается разными темпами от 20% в Африке до 47% в Северной Америке.

Углеродоемкость порядка 53–70% от мирового уровня имеют развитые и развивающиеся страны Европы и развивающиеся страны АТР (без Китая), при этом европейские страны (развитые и развивающиеся) отличаются одними из самых высоких темпов снижения углеродоемкости (на 50-60% к 1990г.), уступая только Китаю.

Самый низкий уровень углеродоемкости (около 30% от мирового уровня) наблюдается в Латинской Америке и странах Карибского бассейна, для них же характерен и самый низкий темп снижения углеродоемкости (всего на 11% за рассматриваемый период).

Анализ динамики углеродоемкости экономики по макрорегионам за период с 1990 по 2019 гг. позволил оценить возможные её уровни и темпы изменения в 2030 году (рис. 1).

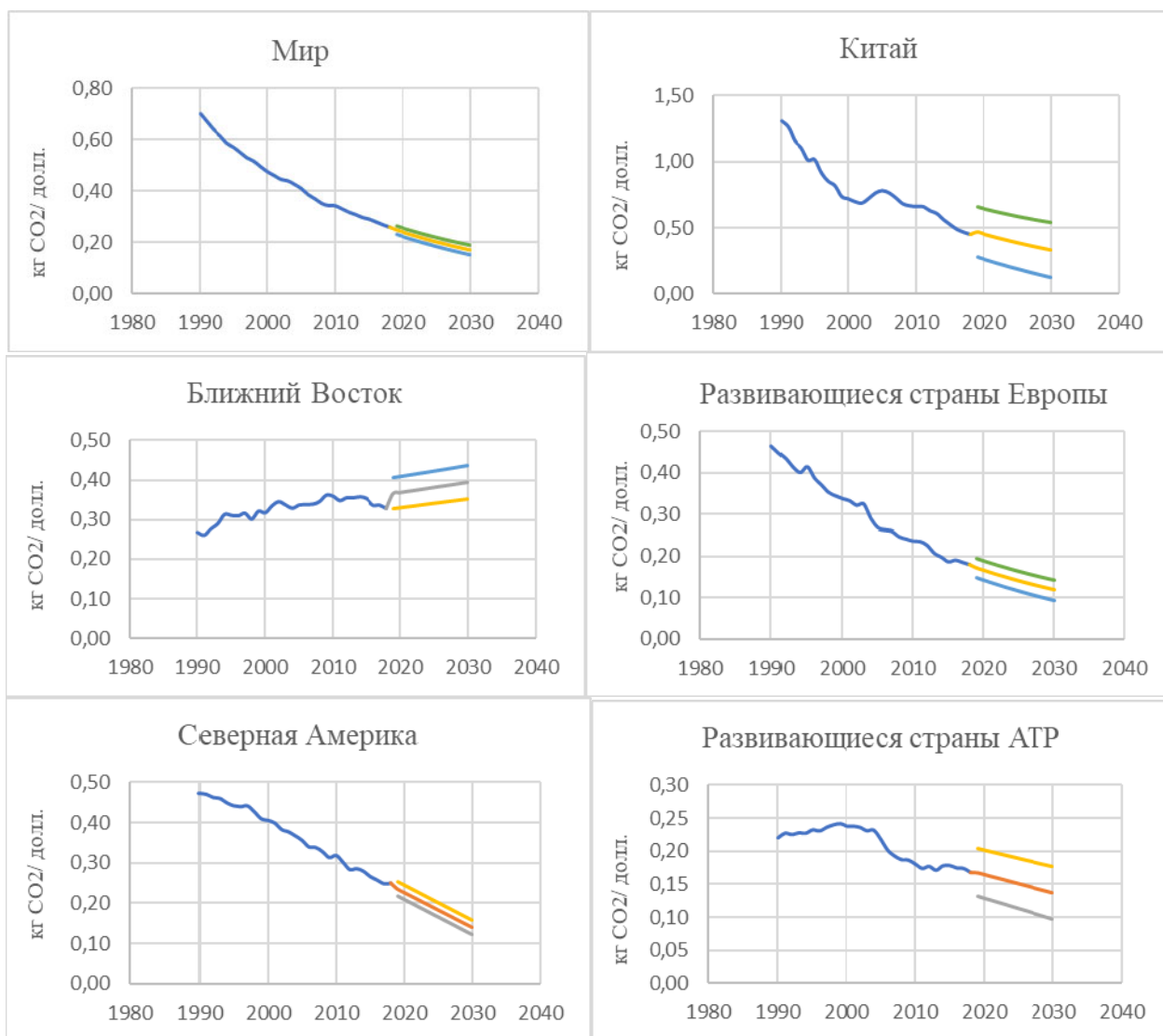


Рис 1. Прогноз углеродоемкости ВВП по макрорегионам до 2030 года.

Для большинства макрорегионов ширина доверительного интервала находится в пределах 9–13%, что означает адекватность прогнозного значения тренда (табл. 3).

Таблица 3

Основные параметры, характеризующие качество прогнозов углеродоемкости на 2030 год

	$\frac{y_{i,2018}}{y_{i,t_0}}$	$\frac{y_{i,2018+L}}{y_{i,2018}}$	2030			
			$\bar{u}_{i,2018+L}$	$y_{i,2018+L}$	$u_{i,2018+L}$	D
Мир	0,370	0,660	0,189	0,171	0,153	10,560
Северная Америка	0,529	0,558	0,121	0,158	0,140	13,212
Развитые страны Европы	0,478	0,759	0,115	0,103	0,092	11,118
Развитые страны АТР	0,766	0,935	0,202	0,182	0,163	10,508

	$\frac{Y_{i,2018}}{Y_{i,t_0}}$	$\frac{Y_{i,2018+i}}{Y_{i,2018}}$	2030			
			$\bar{u}_{i,2018+L}$	$Y_{i,2018+L}$	$\underline{u}_{i,2018+L}$	D
Развивающиеся страны АТР (без Китая)	0,759	0,817	0,177	0,137	0,097	28,995
Развивающиеся страны Европы	0,388	0,653	0,143	0,118	0,093	21,096
Китай	0,343	0,739	0,543	0,333	0,123	63,063
Страны СНГ	0,559	0,352	0,292	0,149	0,006	95,978
Ближний Восток	1,226	1,200	0,438	0,394	0,351	10,974
Африка	0,815	0,890	0,197	0,179	0,162	9,479
Латинская Америка и страны Карибского бассейна	0,875	1,078	0,095	0,086	0,077	10,665

Источник: рассчитано автором.

Для Развивающихся стран АТР и Европы показатель D находится в диапазоне до 30%, что означает расхождение доверительного интервала от значений тренда. Китай и страны СНГ имеют самые высокие значения рассмотренного показателя.

Заключение

Углеродоемкость экономики является одним из основных индикаторов перехода к низкоуглеродному развитию. За период с 1990 по 2019 гг. углеродоемкость мировой экономики сократилась почти на 63%, сокращение в той или иной степени наблюдалось во всех макрорегионах (за исключением Ближнего Востока, где углеродоемкость выросла в 1,2 раза).

Прогнозная оценка углеродоемкости, выполненная в ходе нашего исследования показывает, что при сохранении тенденций, сложившихся в 1990 – 2018 гг., углеродоемкость мировой экономики сократится к 2030 году ещё примерно на 40%, наибольшие темпы сокращения, очевидно, сохранятся для Китая, который вплотную приблизится к среднемировому уровню углеродоемкости, на 40 – 55% сократится углеродоемкость в Северной Америке, развитых странах Европы и странах СНГ, небольшое сокращение (порядка 10 – 20%) произойдет в развитых странах АТР, странах Африки и развивающихся странах АТР (без Китая) и Европы. Практически без изменений останется углеродоемкость стран Латинской Америки и Карибского бассейна, продолжится её рост на Ближнем Востоке.

Для достижения целей Рамочной конвенция ООН об изменении климата необходим перевод экономики на путь низкоуглеродного развития и переориентация финансовых потоков в пользу отраслей и технологий, отличающихся низким уровнем выбросов парниковых газов и/или способствующих их сокращению, что позволит во второй половине XXI века достичь равновесия между антропогенными выбросами и их поглощением (абсорбцией), то есть свести нетто-выбросы парниковых газов к нулю.

Благодарности

Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке стипендии Президента РФ № СП-3030.2022.1.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Четыркин Е.М. Статистические методы прогнозирования. М.: Статистика, 1977. – 199 с.
2. Damodar N. Basic Econometrics, Fourth Edition. – The McGraw–Hill Companies, 2004. – 285 p.
3. Greene W.H. Econometric analysis. – New York University. Upper Saddle River, New Jersey, 2002. – 253 p.
4. IEA: Global CO2 emissions in 2019. URL: <https://www.iea.org/articles/global-co2-emissions-in-2019> (дата обращения: 21.03.2023).
5. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1998 URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> (дата обращения 20.03.2023).
6. Крутилина А. Д., Проворная И. В. Зависимость углеродоемкости экономик стран мира от экологических факторов // Интерэкспо Гео-Сибирь. - "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Материалы XVIII международной научной конференции (г. Новосибирск, 18-20 мая 2022 г.) – ИНГГ СО РАН – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 74-79.
7. Eder, L. V., Provornaya, I. V., Filimonova, I. V., Kozhevin, V. D., & Komarova, A. V. World energy market in the conditions of low oil prices, the role of renewable energy sources // Energy Procedia. – 2018. – 153. P. 112-117.
8. Eder, L., & Provornaya, I. Analysis of energy intensity trend as a tool for long-term forecasting of energy consumption // Energy Efficiency. – 2018. – 11(8). – P. 1971-1997.

© И. В. Проворная, 2023