

Анализ структуры временных рядов выбросов парниковых газов стран группы G20¹

DOI: <http://doi.org/10.34981/Lab-67.2020.innovconf.18-ratner-pd>

Сокращение выбросов парниковых газов является одной из важных целей инновационного развития многих стран мира, включая Россию [1]. Рост возобновляемой энергетики, повышение энергоэффективности многих производств и самой энергетической сферы, как правило, позволяет добиться хороших результатов по показателям снижения выбросов парниковых газов [2]. Поэтому современное понимание качества энергетической системы включает в себя критерии энергоэффективности и низкой углеродоемкости [3].

Развитие возобновляемой энергетики позволяет не только снизить негативное влияние экономики на окружающую среду, но и достичь важных социально-экономических эффектов, таких как создание новых высококвалифицированных рабочих мест, развитие науки и инноваций, снижение зависимости от углеводородов [4]. Однако это не является единственным решением с точки зрения снижения углеродоемкости экономики, так как снижение выбросов парниковых газов возможно и другими путями, например, за счет развития атомной энергетики [5] или внедрения на производстве технологий улавливания выбросов [6]. Кроме того, эффективным способом снижения выбросов парниковых газов является переход на более экологичные виды углеводородного топлива, такие как природный газ [7]. В транспортном секторе также возможен переход на более экологичные виды топлива, и это тоже приносит существенный положительный эффект [8-9]. Таким образом, снижение углеродоемкости экономики возможно различными путями, в том числе и путем оптимизации региональных или национальных энергетических систем [10].

Целью настоящей работы является анализ динамики углеродоемкости национальных экономик стран группы G20 в период с 1991 года по настоящее время. Результаты данного анализа отвечают на несколько вопросов: 1) какие из стран «большой двадцатки» добились наибольших успехов в снижении углеродоемкости национальной экономики за исследуемый период; 2) если общие тенденции в динамике углеродоемкости экономики у стран со схожим уровнем развития экономики; 3) какие виды трендов наилучшим образом приближают исследуемую динамику.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 20-010-00589 «Разработка методологии и инструментария оценки эффективности вариантов государственной поддержки инновационных транспортных технологий в контексте новой климатической политики России».

Информационной базой исследования послужили данные Всемирного банка за период с 1991 по 2014 год по выбросам CO₂ (в метрических тоннах) на душу населения (<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?end=2014&locations=AR&start=1990&view=chart>). Данные за 2014 год являются последними, к сожалению, более новых данных по исследуемому показателю найти не удалось. Выбранный для исследования показатель углеродоемкости экономики является несколько нетрадиционным, так как во многих исследованиях вместо него используют соотношение выбросов ПГ к ВВП [1, 10]. Однако он учитывает энергоемкость и, как следствие, углеродоемкость, не только производственного сектора, но также и энергоснабжение населения, поэтому представляется более объективным.

На рисунках 1-2 представлены результаты сравнения стран группы G20 по углеродоемкости национальной экономики в 1991 году (начало исследуемого периода) и в 2014 году (последние имеющиеся статистические данные).

Как видно из анализа графиков, представленных на рисунках 1-2, топ-5 стран с наибольшим уровнем углеродоемкости практически не изменился. Как и в 1991 году, в 2014 году в него входят Саудовская Аравия, США, Канада, Австралия и Россия. Очень близкие значения к российским показателям в 2014 году демонстрирует Южная Корея. Группу стран с наименьшими показателями выбросов CO₂ на душу населения по-прежнему составляют Индия, Индонезия и Бразилия. А вот Китай покинул эту группу стран, его показатели выбросов CO₂ на душу населения практически достигли показателей Германии (рисунок 2).

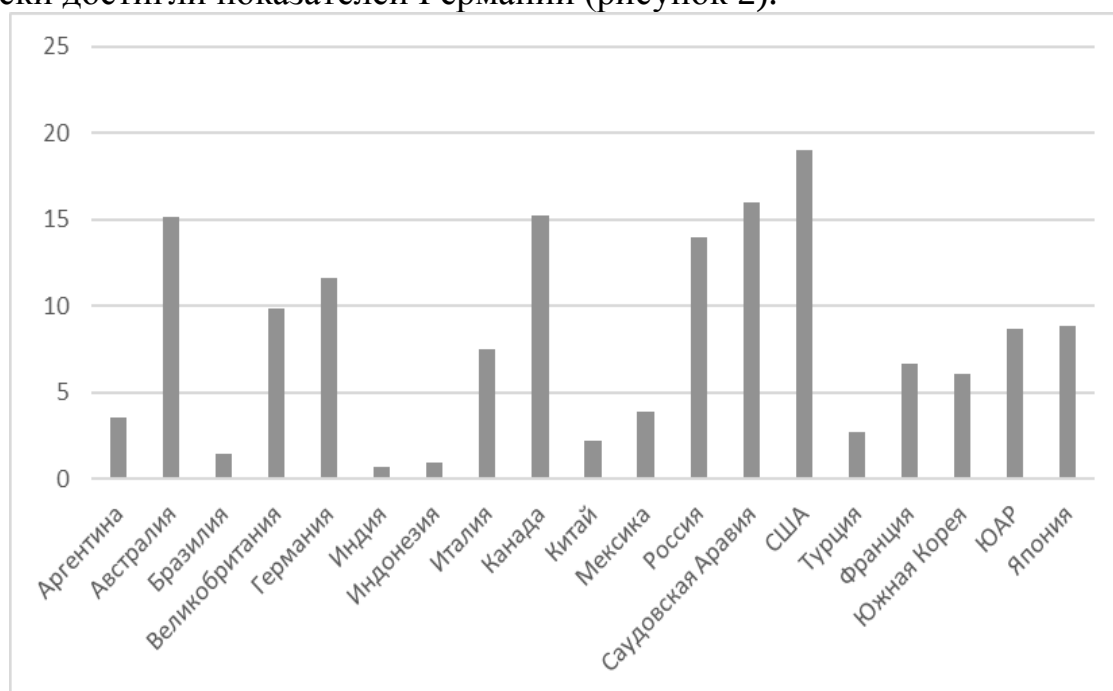


Рис. 1. Выбросы CO₂ (тонн) на душу населения в странах группы G20 в 1991 году

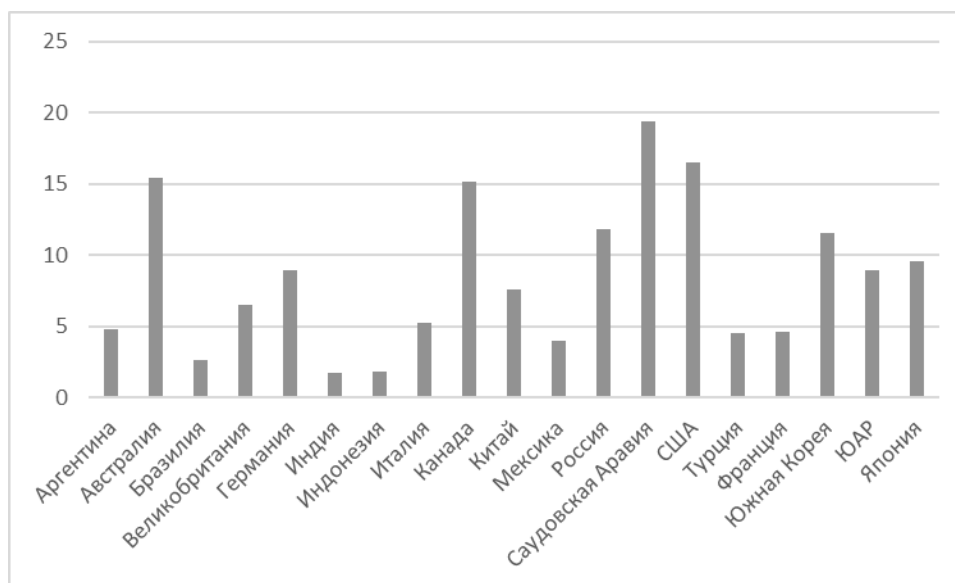


Рис. 2. Выбросы CO₂ (тонн) на душу населения в странах группы G20 в 2014 году

В таблице 1 представлены тренды динамики выбросов CO₂ на душу населения, построенные по каждой стране в отдельности с помощью встроенных опций Microsoft Excel. При подборе вида тренда предпочтение отдавалось трендам с наиболее высоким уровнем аппроксимации и, в тоже время, максимально простым. Как видно из анализа уравнений трендов, представленных в таблице 1, следующие страны нарастили свой показатель выбросов CO₂ на душу населения: Аргентина, Бразилия, Китай, Мексика, Турция и Южная Корея.

Причем из всех перечисленных стран Китай продемонстрировал самый сильный рост исследуемого показателя (рисунок 3) – экспоненциальный. Самый незначительный рост выбросов CO₂ на душу населения произошел в Мексике.

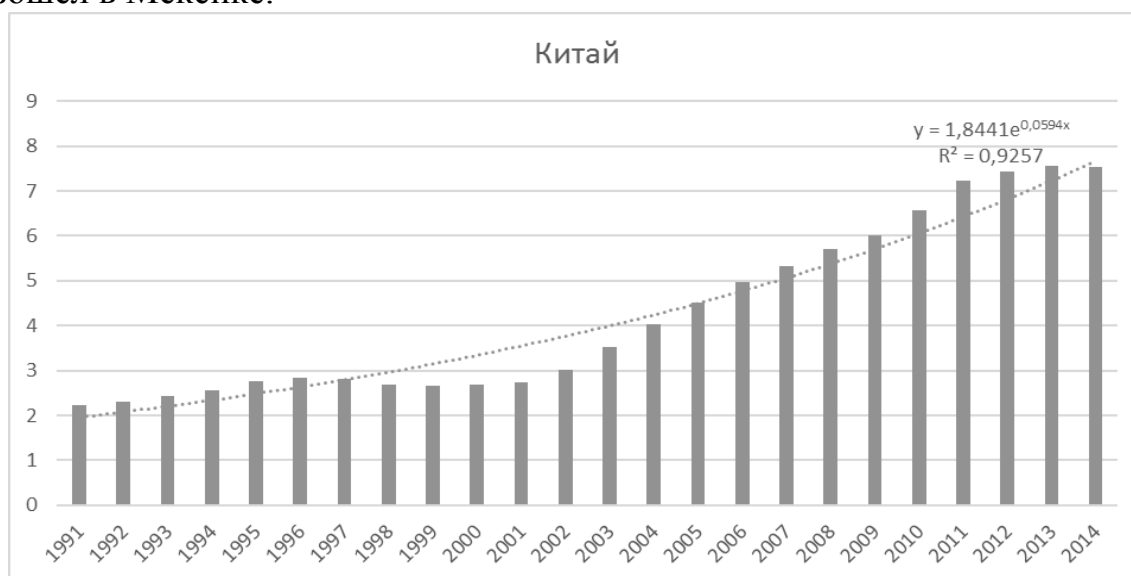


Рис. 3. Динамика изменения выбросов CO₂ на душу населения в Китае

Таблица 1

Виды трендов динамики выбросов CO₂ на душу населения
в странах группы G20 за период 1991-2014 гг.

Страна	Вид тренда	Качество аппроксимации
Аргентина	$y = 0,0564x + 3,3462$	$R^2 = 0,7357$
Австралия	$y = -0,0141x^2 + 0,4253x + 14,342$	$R^2 = 0,7434$
Бразилия	$y = 0,0397x + 1,3915$	$R^2 = 0,8303$
Великобритания	$y = -0,1175x + 10,144$	$R^2 = 0,8192$
Германия	$y = -0,0975x + 11,226$	$R^2 = 0,9066$
Индия	$y = 0,6908e^{0,0348x}$	$R^2 = 0,9529$
Индонезия	$y = -6E-05x^4 + 0,0029x^3 - 0,0439x^2 + 0,2572x + 0,7097$	$R^2 = 0,8479$
Италия	$y = -0,0137x^2 + 0,2871x + 6,575$	$R^2 = 0,8555$
Канада	$y = -0,0176x^2 + 0,4252x + 14,538$	$R^2 = 0,8703$
Китай	$y = 1,8441e^{0,0594x}$	$R^2 = 0,9257$
Мексика	$y = 0,0211x + 3,8218$	$R^2 = 0,4401$
Россия	$y = -0,0021x^3 + 0,0974x^2 - 1,2794x + 15,546$	$R^2 = 0,8756$
Саудовская Аравия	$y = -0,0037x^3 + 0,1694x^2 - 1,9519x + 19,629$	$R^2 = 0,7073$
США	$y = -0,0171x^2 + 0,2975x + 18,536$	$R^2 = 0,9234$
Турция	$y = 0,0783x + 2,5243$	$R^2 = 0,9122$
Франция	$y = -0,0552x + 6,5054$	$R^2 = 0,6398$
Южная Корея	$y = 0,2161x + 6,7762$	$R^2 = 0,8999$
ЮАР	$y = -1E-04x^4 + 0,0043x^3 - 0,0555x^2 + 0,28x + 7,9811$	$R^2 = 0,5159$
Япония	$y = 5E-05x^4 - 0,0021x^3 + 0,0228x^2 + 0,0043x + 8,92$	$R^2 = 0,438$

Некоторые страны, например, Индонезия, также продемонстрировали рост выбросов CO₂ на душу населения за исследуемый период, однако этот рост не был плавным и имел некоторые флуктуации, которые могут быть связаны как с изменением государственной политики в энергетической сфере, так и с некоторыми другими факторами, требующим более детального изучения (рисунок 4). Однако и более простой тренд линейного вида также дает хорошее качество аппроксимации ($R^2 > 0,76$), поэтому Индонезия также может быть причислена к группе стран с возрастающими выбросами CO₂ на душу населения.

Более развитые страны из группы G20, наоборот, снизили углеродоемкость своих экономик за исследуемый период. Это такие страны как Великобритания и Германия, у которых показатель CO₂ на душу населения монотонно снижался по линейному тренду на протяжении всего периода с 1991 по 2014 годы. Австралия, Италия, Канада и США за исследуемый период прошли пик углеродоемкости своих экономик, и показатели выбросов CO₂ на душу населения стал снижаться по параболе.

Наиболее ярко такой тип динамики просматривается на графике, построенном для Канады (рисунок 5).

В России, как и в некоторых других странах G20, динамика углеродоемкости экономики более сложная (рисунок 6). Показатель выбросов CO₂ на душу населения то снижается, то увеличивается.



Рис. 4. Динамика изменения выбросов CO₂ на душу населения в Индонезии

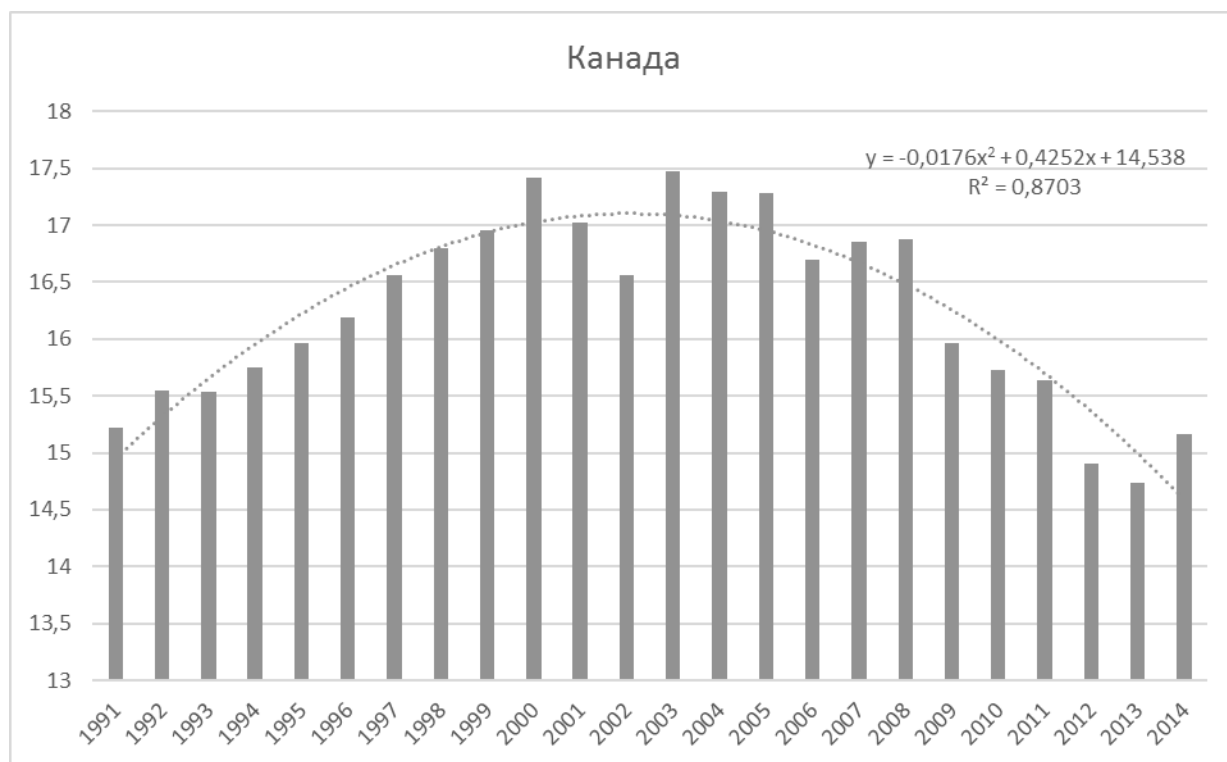


Рис. 5. Динамика изменения выбросов CO₂ на душу населения в Канаде

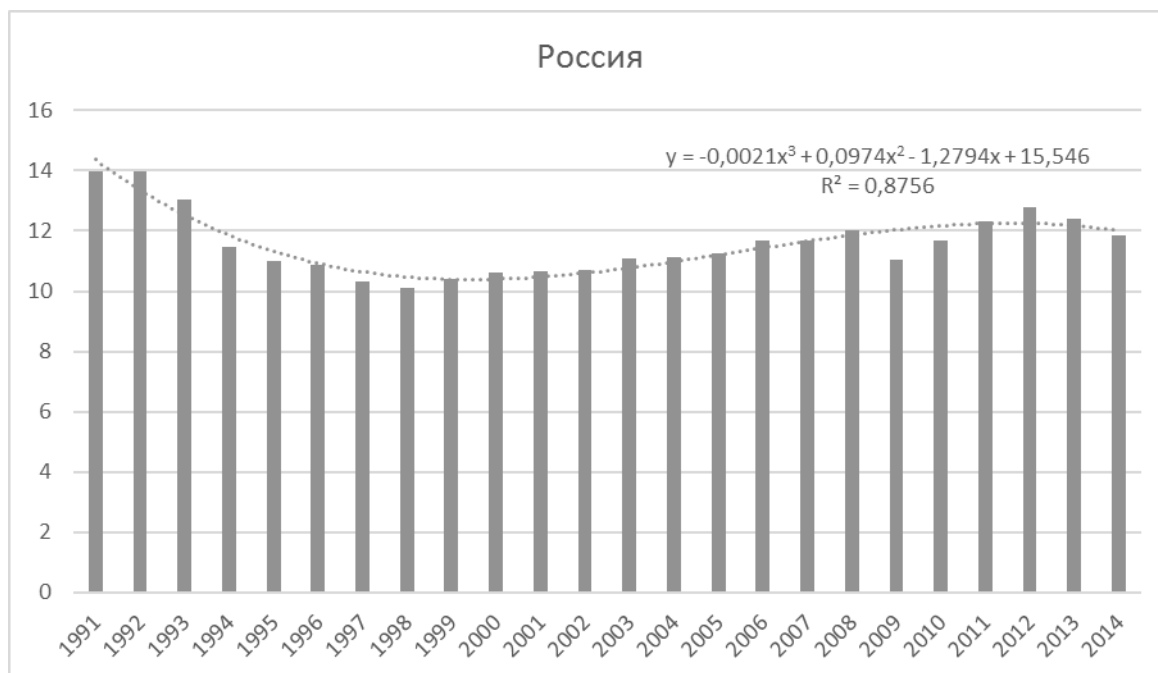


Рис. 6. Динамика изменения выбросов CO₂ на душу населения в России

Подобная динамика также характерна для Саудовской Аравии, которая на 2014 год стала страной с наибольшими выбросами CO₂ на душу населения. ЮАР и Япония демонстрируют динамику углеродоемкости, которая описывается полиномом четвертой степени, однако качество аппроксимации временных рядов недостаточно высокое, что позволяет говорить о наличии циклической составляющей во временном ряду.

Итак, построенные модели временных рядов могут быть использованы для прогноза динамики углеродоемкости стран большой двадцатки, а также для выбора стран и временного периода для более детального изучения факторов, оказывающих влияние на изменение динамики исследуемого показателя.

Литература

1. Дружинин П.В., Шкиперова Г.Т., Поташева О.В. Оценка влияния развития экономики на состояние окружающей среды и выбросы парниковых газов // Друкеровский вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 203-215.
2. Ратнер С.В., Иосифов В.В. Исследование закономерностей развития новых высокотехнологичных отраслей экономики в энергетической сфере // Экономический анализ: теория и практика. – 2014. – № 28. – С. 25-32.
3. Сальникова А.А., Ратнер С.В., Нижегородцев Р.М. Энергетическая безопасность и качество энергетических систем: анализ методологических подходов // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К.Л. Хетагурова. Общественные науки. – 2014. – № 2. – С. 271-280.

4. Ратнер С.В. Социально-экономические эффекты развития альтернативной энергетики в США // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – № 28. – С. 47-55.
5. Черняховская Ю.В. Выбросы парниковых газов в электроэнергетике и их снижение от внедрения российских проектов атомных электростанций // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2017. – № 3. – С. 46-52.
6. Шевелев Л.Н., Бродов А.А. Энергосбережение, повышение энергоэффективности и снижение выбросов парниковых газов в черной металлургии России // Черная металлургия. – 2018. – № 2 (1418). – С. 3-7.
7. Ратнер С.В., Михайлов В.О. Управление развитием энергетических компаний в ситуации технологического разрыва // Управление большими системами. – 2012. – Вып. 37. – С. 180-207.
8. Трофименко Ю.В., Гинзбург В.А., Комков В.И., Лытов В.М. Влияние структуры парка автотранспортных средств по виду топлива и экологическому классу на выбросы парниковых газов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2018. – Т. 15. – № 6 (64). – С. 898-910.
9. Феоктистова О.Г. Проблемы включения авиационной отрасли в европейскую систему торговли разрешениями на выбросы парниковых газов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2012. – № 183. – С. 134-137.
10. Ратнер С.В., Ратнер П.Д. Моделирование структуры региональной энергетической системы с использованием методологии анализа среды функционирования // Russian Journal of Management. – 2015. – Т. 3. № 2. – С. 159-166.