

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА СВЯЗИ МЕЖДУ ВВП И УРОВНЕМ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В СТРАНАХ МИРА

Марухин Е.М.

Томский политехнический университет, ИЯТШ, гр. 0431,

e-mail: emm18@tpu.ru

Аннотация

Исследование характера связи между ВВП и уровнем эмиссии углекислого газа в странах мира является крайне актуальным в контексте изменения климата и устойчивого развития. С увеличением ВВП обычно увеличивается и уровень эмиссии углекислого газа из-за увеличения производства и потребления энергии. Исследования в этой области могут помочь выявить тренды в различных странах, определить факторы, влияющие на уровень эмиссий, и разработать стратегии для снижения выбросов парниковых газов при сохранении экономического роста. Такие исследования могут быть основой для разработки политики в области климатических изменений и устойчивого развития.

Ключевые слова: эмиссия CO₂, ВВП, корреляция, характер связи, динамика, тенденция, аналитика данных.

Введение

С начала развития индустриальной эпохи ископаемые ресурсы были ключевым фактором экономического развития, обеспечивая топливо, которое производит большую часть мировой электроэнергии, приводит в действие механизмы и агрегаты, обеспечивает движение транспорта, а также используется в промышленной деятельности. В результате экономический рост был тесно связан с увеличением выбросов парниковых газов и вредных веществ на протяжении большей части современной экономической истории.

Взаимосвязь между экономическим ростом и выбросами CO₂ была предметом интенсивных исследований на протяжении последних нескольких десятилетий. Многие страны сталкиваются с серьезной проблемой, а именно: обеспечить стабильный экономический рост и защитить окружающую среду.

В последнее время, благодаря устойчивому повышению энергоемкости экономического роста и, в некоторых странах, резкому увеличению использования экологически чистой энергии, наблюдается растущее расхождение между ростом ВВП и выбросами CO₂. выбросов в большинстве экономик мира.

Постановка задачи

Цель данной работы – провести аналитическое исследование наличия взаимосвязи между выбросами CO₂ и ВВП в странах мира, а также – в России.

Для проведения исследований были использованы:

- 1) открытый набор данных, включающий данные о выбросах CO₂ (тыс.. тонн) в период с 1990 по 2020 год, по 169 странам мира [1]. Таблица состоит из трех полей – название страны, год и количество выбросов CO₂ (тыс.. тонн);
- 2) открытый набор данных, включающий данные о ВВП тех же 266 стран в указанный выше период [2]. Таблица также состоит из трех полей – название страны, год и ВВП страны (трлн долларов в пересчете на текущий курс);
- 3) дополнительная таблица, содержащая данные о коде каждой страны, согласно стандарту ISO 3166, а также принадлежности страны к одной из групп по уровню дохода: высокий/низкий доход, доход выше/ниже среднего.

Для аналитики данных и визуализации результатов исследования был использован Python.

Описание исследования и результаты

Выбросы углекислого газа в странах мира тесно связаны с уровнем ВВП и экономическим развитием. С одной стороны, экономический рост стран подразумевает интенсивное использование энергии, что приводит к увеличению выбросов CO₂, поэтому загрязнение напрямую связано с экономическим ростом и развитием. С другой стороны, экономический рост и развитие приводят к внедрению новых энергосберегающих и низкоуглеродных технологий, которые вытесняют старые, энерго- и углеродоемкие.

Учитывая все вышесказанное, можно предположить, что долгосрочная связь между ВВП и выбросами CO₂ отрицательна, поскольку развитие новых низкоуглеродных технологий позволяет достичь в долгосрочной перспективе того же уровня производства при более низких выбросах CO₂. Возьмем это в качестве **гипотезы** нашего исследования.

Для достижения поставленной цели, прежде всего, необходимо собрать все данные в одну таблицу для их последующего анализа, а также укрупнения категорий – за счет объединения стран по географическому признаку – в 7 регионов.

Используя данные [1], построим динамику суммарных выбросов CO₂ по всем, имеющимся в наборе данным (рис. 1).



Рис. 1. Динамика суммарных выбросов CO₂ по 266 странам

Анализируя полученный график, можно отметить, что за период с 1990 года по 2019 год наблюдается довольно быстрый рост объемов выбросов CO₂, а с 2020 года – небольшой, но спад. Рассмотрим более подробно объемы выбросов CO₂ – по регионам (рис. 2).

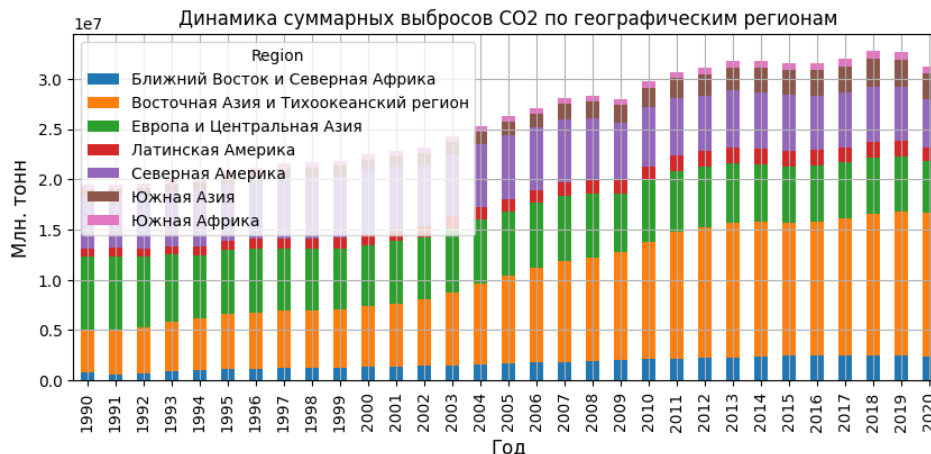


Рис. 2. Динамика суммарных выбросов CO₂ по регионам

Увеличение суммарных выбросов CO₂, в основном, происходит за счет их увеличения в регионе Юго-Восточная Азия, где гидроэнергетика не успевает за растущим спросом на электроэнергию, а доля угля в производстве электроэнергии и промышленном спросе на энергию увеличилась более чем вдвое в период с 1990 по 2022 год. На Юго-Восточную Азию и Ближний Восток вместе приходится 6,6 % мирового ВВП [3].

Для оценки связи между ВВП и уровнем эмиссии CO₂ был использован коэффициент корреляции Спирмена (r_{xy}). Коэффициент корреляции Спирмена является инструментом, позволяющим оценить степень связи между двумя переменными. Он широко используется в статистике, экономике, социологии и других областях, где требуется изучение взаимосвязей между различными явлениями и является важным инструментом для анализа данных. Коэффициент корреляции Спирмена является непараметрической мерой (не предполагает нормальное распределение данных). Он основан на

ранжировании значений переменных и показывает меру монотонной связи между ними. Коэффициент Спирмена может принимать значения от -1 до 1. Значение 1 указывает на полную положительную корреляцию, значение -1 указывает на полную отрицательную корреляцию, а значение 0 указывает на отсутствие связи.

В результате было получено 11 групп стран, в зависимости от значения коэффициента корреляции (табл. 1).

Таблица 1

Распределение стран мира по значению корреляции между ВВП и уровнем выбросов CO₂

№ группы	Диапазон для коэффициента корреляции r_{xy}	Сила связи	Количество стран в группе	Представители стран, входящих в группу
1	$r_{xy} \leq -0.7$	Сильная, отрицательная	7	Бельгия, Германия, Дания, Венгрия, Румыния, Словакия, Швеция
2	$-0.7 \leq r_{xy} < -0.5$	Средняя, отрицательная	6	Болгария, Швейцария, Франция, Великобритания, Польша
3	$-0.5 \leq r_{xy} < -0.3$	Умеренная, отрицательная	14	В том числе: Финляндия, Италия, Ямайка, Литва, Латвия, Северная Македония, Мальта, Нидерланды, США, Узбекистан
4	$-0.3 \leq r_{xy} < -0.2$	Слабая, отрицательная	5	Центральноафриканская Республика, Исландия, Люксембург, Словения
5	$r_{xy} > -0.2$	Очень слабая, отрицательная	2	Азербайджан, Эстония
6	$r_{xy} \cong 0$	Связь отсутствует	1	Габон
7	$r_{xy} < 0.2$	Очень слабая, положительная	4	Куба, Хорватия, Япония, Португалия
8	$0.2 \leq r_{xy} < 0.3$	Слабая, положительная	5	Австрия, Беларусь, Грузия, Молдова, Тувалу
9	$0.3 \leq r_{xy} < 0.5$	Умеренная, положительная	5	Испания, Греция, Ирландия, Российская Федерация, Суринам
10	$0.5 \leq r_{xy} < 0.7$	Средняя, положительная	14	В том числе: Андорра, Армения, Ирак, Израиль, Казахстан, Кыргызстан, Нигерия, Новая Зеландия, Таджикистан
11	$r_{xy} \geq 0.7$	Сильная, положительная	106	В том числе: Австралия, Китай, Индия, Иран, Корея, Мексика, Пакистан, Туркменистан, Южная Африка



Рис. 3. Связь между эмиссией CO₂ и ВВП

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что в 71 % всех стран наблюдается рост эмиссии CO₂ наряду с ростом ВВП (рис. 3).

Фактически нет связи (слабая или умеренная) – в 21 % стран. И только в 8 % стран наблюдается спад уровня эмиссии CO₂ наряду с ростом ВВП – и это страны Европейского Союза.

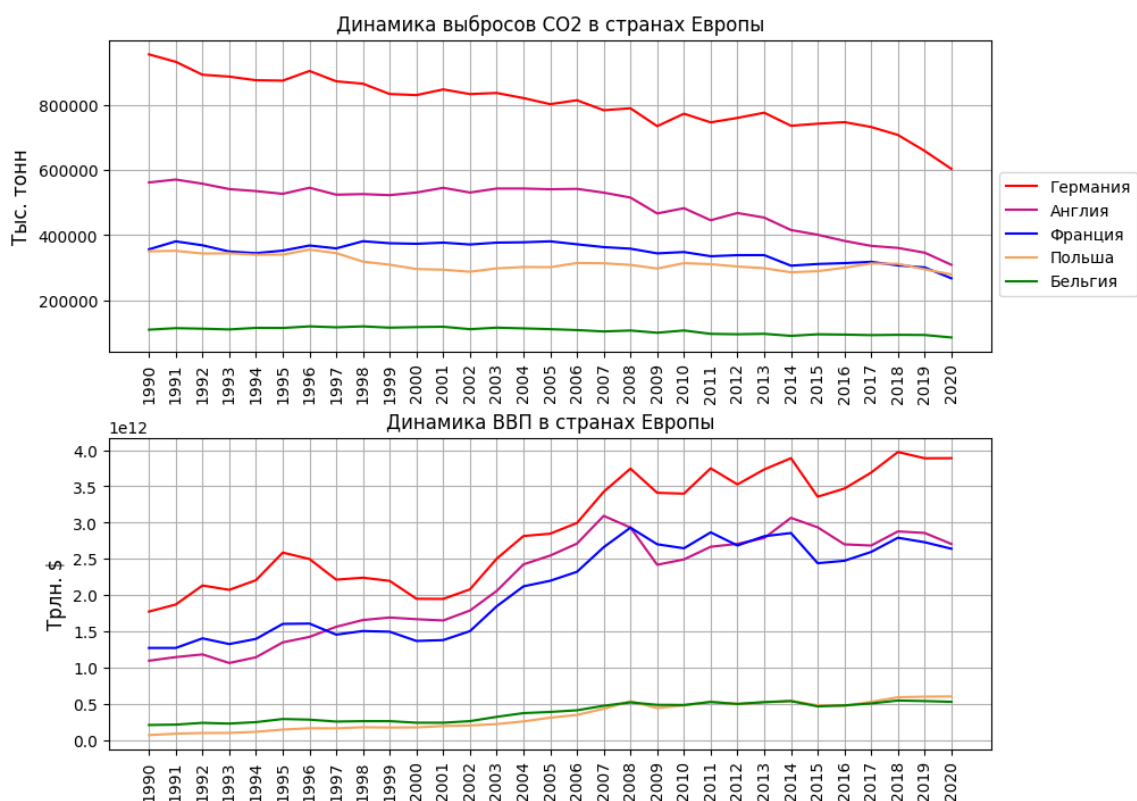


Рис. 4. Связь между эмиссией CO₂ и ВВП в странах с высокой отрицательной корреляций между уровнем эмиссии CO₂ и ВВП

В случае Европейского Союза (ЕС) – на примере Германии (рис. 4) – экономика по состоянию на 2020 год на более, чем на 60% больше, а выбросы CO₂ – более, чем на 30 % ниже, чем в 1990 году. Аналогичные тенденции наблюдаются и в других странах с развитой экономикой, которые активно внедряют технологии для снижения выбросов и реализуют программы по переходу на возобновляемые источники энергии.

Уровень эмиссии углекислого газа и ВВП в таких странах, как Китай и Индия являются двумя важными аспектами, которые необходимо рассмотреть в контексте борьбы с изменением климата на планете. Обе страны являются крупными экономиками с быстрорастущим ВВП, что приводит к увеличению объемов производства и потребления энергии, что, в свою очередь, приводит к увеличению выбросов углекислого газа – в этих странах прямая положительная корреляция между этими показателями.

Китай и Индия в настоящее время являются двумя крупнейшими загрязнителями атмосферы в мире [4]. Уровень эмиссии углекислого газа в этих странах продолжает расти из-за интенсивного промышленного развития, увеличения автопарка и потребления энергии. С 1990 года в китайской экономике наблюдался четырнадцатикратный рост, но выбросы CO₂ в ней более, чем в пять раз превышают уровень 1990 года (рис. 5).

США, будучи одной из крупнейших экономик мира, имеют высокий уровень ВВП, что связано с развитой промышленностью, инновациями, высоким уровнем потребления и т.д. Однако, при этом страна также является одной из крупнейших по выбросу углекислого газа в мире. Это связано с интенсивным использованием ископаемых топлив, таких как нефть, уголь и природный газ, для производства энергии и обеспечения потребностей промышленности и населения. В США к 2019 году ВВП увеличился более, чем в 2 раза с 1990 года, но выбросы CO₂ вернулись к уровню 1990 года (рис. 5). Уровень эмиссии углекислого газа в США имеет серьезные последствия для окружающей среды и климата, так как парниковые газы способствуют глобальному потеплению и изменению климата. В связи с этим, правительство США и другие заинтересованные стороны предпринимают шаги для снижения уровня эмиссий и перехода к более устойчивым и экологически чистым источникам энергии, таким как ветроэнергетика, солнечная энергия и другие – на рис. 5 можно видеть тенденцию к снижению уровня выбросов.

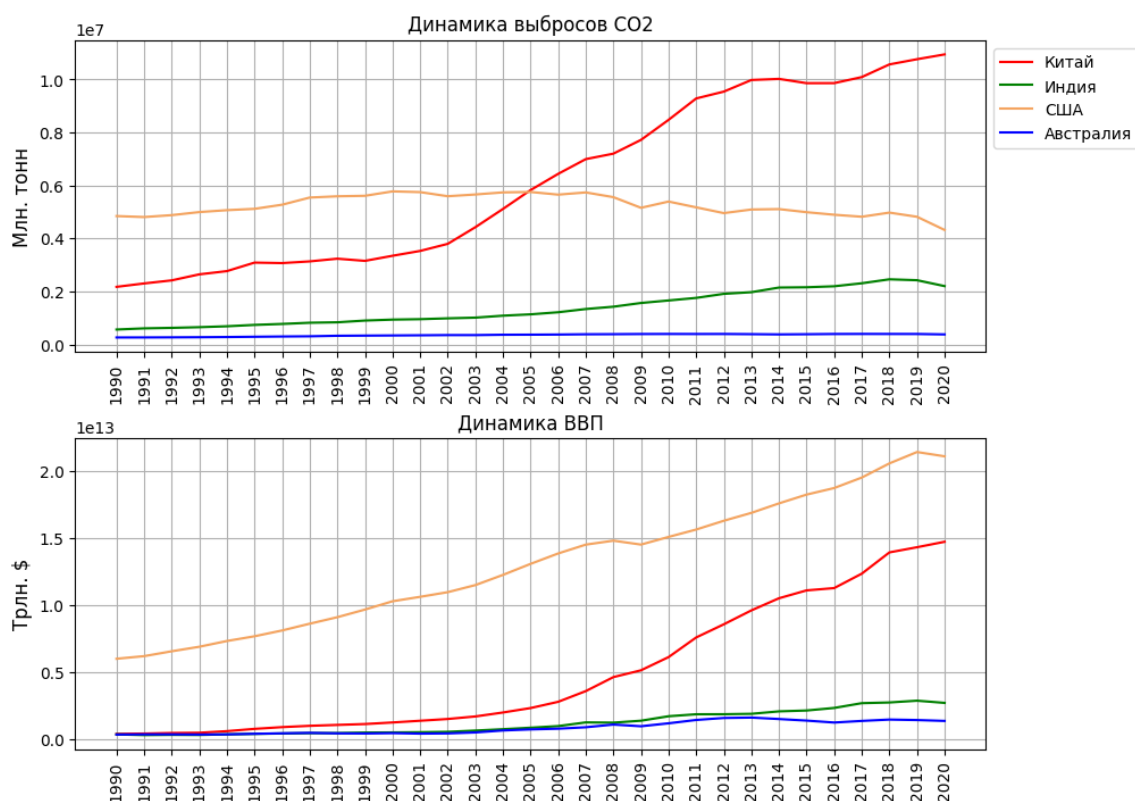


Рис. 5. Связь между эмиссией CO₂ и ВВП в странах с высокой и умеренной положительной корреляций между уровнем эмиссии CO₂ и ВВП

Россия, как одно из крупнейших государств мира, не остается в стороне от проблемы загрязнения окружающей среды и изменения климата на планете. Динамика уровня эмиссии углекислого газа в России и ее связь с ВВП представляет собой интересную и актуальную тему для исследования.

Следует отметить, что Россия является одним из крупнейших производителей углекислого газа в мире. Это связано, в первую очередь, с особенностями экономики страны, которая до сих пор сильно зависит от добычи и экспорта углеводородов. При этом большая часть энергии в России производится за счет использования угля, нефти и природного газа, что ведет к значительным выбросам углекислого газа в атмосферу [4] (рис. 6).

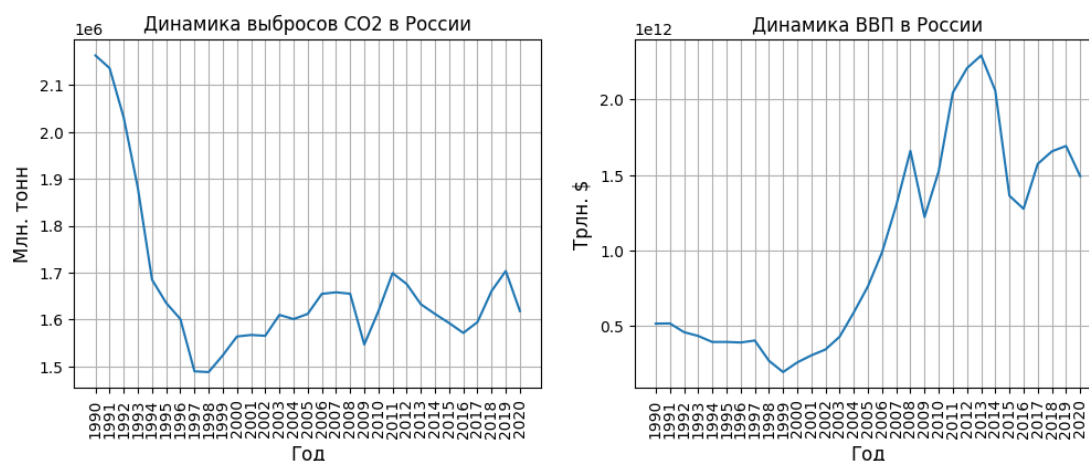


Рис. 6. Динамика выбросов CO₂ и ВВП в России

Однако, в последние годы наблюдается определенное снижение уровня эмиссии углекислого газа в России. Это в первую очередь связано с модернизацией промышленности, переходом на более эффективные технологии (например, атомная энергетика) в энергобалансе страны.

Таким образом, динамика уровня эмиссии углекислого газа и ВВП в России демонстрирует сложную взаимосвязь между экономическим развитием страны и ее воздействием на окружающую среду. Для устойчивого развития необходимо стремиться к сокращению выбросов парниковых газов, внедрению зеленых технологий и улучшению энергоэффективности, что позволит сохранить экономический рост, не нанося вреда окружающей среде.

Заключение

Долгосрочная связь между ВВП и выбросами CO₂ является сложным и многогранным вопросом, который требует внимательного анализа и изучения. Несмотря на то, что на первый взгляд может показаться, что рост ВВП и увеличение выбросов CO₂ идут рука об руку, существует ряд факторов, которые могут оказывать влияние на эту связь.

С одной стороны, экономический рост обычно сопровождается увеличением потребления энергии, что приводит к увеличению выбросов парниковых газов, включая CO₂. Развивающиеся страны, стремясь к повышению уровня жизни своих граждан, часто используют углеводородные виды топлива, что приводит к увеличению выбросов CO₂. Это может создавать видимость того, что рост ВВП и выбросы CO₂ коррелируют друг с другом.

С другой стороны, с развитием технологий и осознанием необходимости борьбы с изменением климата, многие страны начинают переходить на более чистые источники энергии, такие как возобновляемые источники. Это может привести к снижению интенсивности выбросов CO₂ на единицу ВВП, что в свою очередь может ослабить связь между ростом ВВП и увеличением выбросов CO₂.

Таким образом, хотя существует определенная зависимость между ВВП и выбросами CO₂, она **не всегда является строго отрицательной**. Важно учитывать контекст и специфику каждой страны, ее политику в области климата и энергетики, чтобы понять, как эти два показателя взаимодействуют между собой в долгосрочной перспективе. Поэтому для более точной оценки связи между ВВП и выбросами CO₂ необходимо проводить более глубокие исследования и анализировать данные на макро- и микроуровнях.

Список использованных источников

1. The World Bank – открытый набор данных, включающие данные о выбросах CO₂ (тыс. тонн) в странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT>, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
2. World Integrated Trade Solution – открытый набор данных, включающие данные о ВВП (млрд долларов) по каждой из 266 стран [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wits.worldbank.org/CountryProfile/en/Country/BY-REGION/StartYear/1988/EndYear/2017/Indicator/NY-GDP-MKTP-CD>, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
3. The relationship between growth in GDP and CO₂ has loosened; it needs to be cut completely [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iea.org/commentaries/the-relationship-between-growth-in-gdp-and-co2-has-loosened-it-needs-to-be-cut-completely>, свободный (дата обращения: 26.02.2024).
4. EDGAR – Emissions Database for Global Atmospheric Research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2022?vis=tot#emissions_table, свободный (дата обращения: 26.02.2024).