

И. В. Проворная^{1}*

Направления развития энергетики с учетом эффективности экологической политики стран мира

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: provornayaiv@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена структура динамика выбросов углекислого газа в мире при использовании ископаемых топлив, производстве цемента и сжигании нефтяного газа на факелах. Показано, что наибольший объем выбросов углекислого газа в настоящее время по миру наблюдается при использовании угля. При этом региональная структура выбросов углекислого газа по видам энергии отличается существенно. Распределение выбросов углекислого газа между различными источниками топлива сильно зависит от объемов потребления и направлений использования конечной энергии в стране. Предполагается, что верно выстроенная климатическая политика приведет к тому, что на смену ископаемых топлив придут возобновляемые источники энергии. И это будет способствовать сокращению выбросов углекислого газа в мире.

Ключевые слова: углекислый газ, выбросы, экологическая политика, страны мира

I. V. Provornaya^{1}*

Directions of energy development taking into account the efficiency of the environmental policy of the countries of the world

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of Siberian Branch Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: provornayaiv@gmail.com

Annotation. The article considers the structure of the dynamics of carbon dioxide emissions in the world from the use of fossil fuels, cement production and flaring of petroleum gas. It is shown that the largest amount of carbon dioxide emissions is currently observed in the world when using coal. At the same time, the regional structure of carbon dioxide emissions by type of energy differs significantly. The distribution of carbon dioxide emissions between different fuel sources is highly dependent on the consumption volumes and destinations of the final energy in the country. It is assumed that the right climate policy will lead to the fact that fossil fuels will be replaced by renewable energy sources. And this will contribute to the reduction of carbon dioxide emissions in the world.

Keywords: carbon dioxide, emissions, environmental policy, countries of the world

Введение

Киотский протокол определяет шесть основных парниковых газов, которые оказывают наибольшее влияние на создание парникового эффекта в атмосфере Земли [1]. Из них на диоксид углерода (CO₂) приходится основная доля выбросов (более 70%), наносящих антропогенный характер.

Выбросы углекислого газа при производстве энергии и материалов могут возникать из различных источников и типов топлива: угля, нефти, газа, производства цемента и сжигания нефтяного газа на факелах.

С течением времени большинство развитых стран вводят разные инструменты по ограничению выбросов парниковых газов, что позволяет им не только заботиться и регулировать состояние воздуха на своей территории, но и развивать климатическую политику, повышая тренд на более экологичное существование. С развитием данной отрасли могут решаться и иные задачи: повышение энергоэффективности, создание новых рабочих мест, улучшение имиджа страны в мире.

При своевременном перестроении экономики в углеродно-нейтральную сторону негативное антропогенное воздействие можно будет ослабить. Исследование тенденций мировой структуры выбросов углекислого газа позволит определить направления развития энергетики с учетом эффективности экологической политики стран мира развития.

Методы и материалы

Для выявления тенденций развития и современного состояние выбросов углекислого газа в мире будут использованы методы эмпирического, сравнительного и аналитического анализа, методы классификации данных, общеметодологические принципы научного исследования.

В работе будут использованы статистические данные международного энергетического агентства (IEA), Министерства энергетики США (EIA), Организация стран-экспортёров нефти (ОПЕК), мировых нефтегазовых компаний (British Petroleum, Exxon Mobil, Shell).

Рассмотрены отечественные и зарубежные научные работы, найденные в системах Scopus, Web of Science, «elibrary.ru».

Результаты и обсуждение

Вклад различных источников топлива в выбросы CO₂ менялся как по регионам мира, так и во времени, что связано с изменением глобальных и национальных энергетических систем. Изначально наблюдалось доминирование угля в объеме выбросов углекислого газа, что обусловлено историей развития энергетической отрасли. Угольная энергетика в промышленных масштабах стала развиваться в 1770-х гг. в странах Европы и Северной Америки. Со временем происходила диверсификация энергетического баланса в странах мира, что непосредственно влияло и на объем выбросов углекислого газа.

В конце 1800-х гг. наблюдался рост выбросов углекислого газа от добычи нефти и газа [2]. В середине XX в. по мере экономического развития наблюдается рост выбросов от производства цемента и при сжигании нефтяного газа на факелах.

В настоящее время наибольший объем выбросов углекислого газа по миру наблюдается при использовании угля (около 40 %), около 32 % приходится на нефть и 21 % – на природный газ (рис. 1). Остальной объем выбросов CO₂ наблюдается при производстве цемента и сжигании попутного нефтяного газа на факелах.

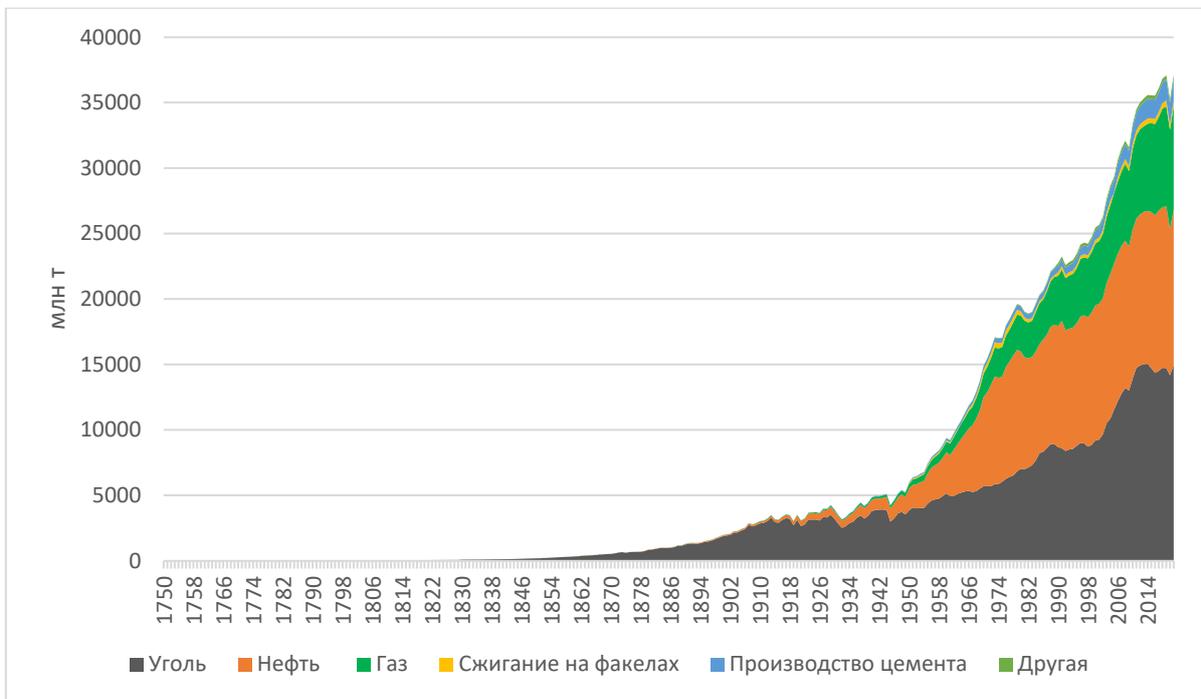


Рис. 1. Выбросы углекислого газа в мире от сжигания на факелах, использования ископаемых топлив и производства цемента

Тенденции, связанные с выбросами углекислого газа, значительно различаются в зависимости от региона. Общие закономерности для стран Европы и Северной Америки схожи: ранняя индустриализация началась с потребления угля, однако со временем энергетический баланс диверсифицировался. С 1986 г. крупнейшим эмитентом углекислого газа в мире является Китай, до этого времени наибольший объем выбросов CO₂ приходился на США. В 2021 г. на Китай пришлось более 53 % в мировой структуре выбросов углекислого газа при использовании угля, что обусловлено в первую очередь ростом численности населения и ростом потребления угля (рис. 2). Также значительный уровень выбросов углекислого газа при использовании угля приходится на Индию, США, Японию, Россию и ЮАР.

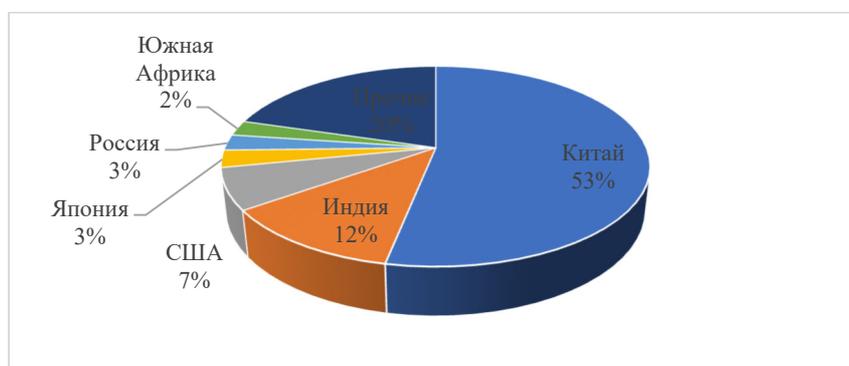


Рис. 2. Крупнейшие в мире эмитенты углекислого газа при использовании угля, 2021 г.

Экономика США в значительной степени зависит от транспортного сектора. Ежегодно растет объем потребления нефтепродуктов при эксплуатации автомобилей, поездов, самолетов, кораблей. На долю США в 2021 г. пришлось более 19 % от мирового объема выбросов углекислого газа при использовании нефти. Также крупнейшим эмитентом углекислого газа из нефти является Китай (15 %) (рис. 3). Потребление нефти в Китае растет ежегодно, что способствует увеличению выбросов.



Рис. 3 Крупнейшие в мире эмитенты углекислого газа при использовании нефти, 2021 г.

На первом месте в мире по объему выбросов углекислого газа от использования природного газа находятся США (20 %). В России природный газ составляет основу энергетического баланса страны, что приводит к значительному объему выбросов CO₂ (10 % в мировой структуре) (рис. 4).

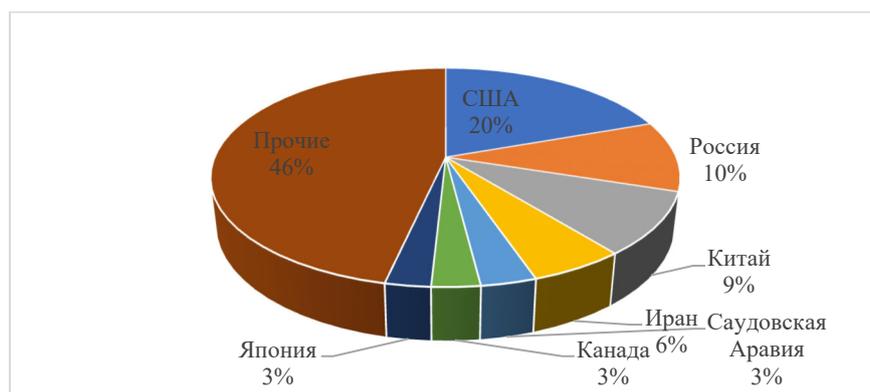


Рис. 4. Крупнейшие в мире эмитенты углекислого газа при использовании газа, 2021 г.

Производство цемента является значительным источником (около 5 % в структуре выбросов углекислого газа) выбросов CO₂, так как технология произ-

водства цемента требует много тепла, а также происходит химический процесс (кальцинации известняка), что приводит к выделению углекислого газа. За последние 20 лет в мире удвоился объем выбросов двуокси углерода (CO₂) от производства цемента. в 2021 г. на Китай пришлось более половины мировых выбросов углекислого газа. Из-за деятельности Китая общемировое значение с 1992 г. увеличилось более чем в три раза, причем ежегодный рост составляет более 2 %. Выбросы цемента росли быстрее, чем из большинства других источников углерода.

В результате сжигания попутного нефтяного газа в атмосферу Земли в 2021 г. было выделено 417 млн т углекислого газа, что составляет 1,1 % в структуре выбросов углекислого газа по миру.

За последние 20 лет добыча нефти в мире увеличилась на 17%, а при этом количество выделяемого углекислого газа от сжигания нефтяного газа увеличилось на 48 % [3]. Россия, к сожалению, является мировым лидером по объему сжигаемого нефтяного газа. В 2021 г. в мире сожжено 153 млрд куб. м нефтяного газа, из которых на Россию пришлось 17 % [4]. Также крупным лидером по количеству сожженного ПНГ является Иран, что обусловлено неразвитой инфраструктурой по утилизации ПНГ.

Также значительные объемы выбросов наблюдаются в Ираке, США, Венесуэле, Мексике. На эти 6 стран в 2021 г. пришлось 59 % от мирового объема сжигаемого нефтяного газа (рис. 5). Сжигание нефтяного газа, связанного с добычей нефти, происходит из-за целого ряда проблем, от рыночных и экономических ограничений до отсутствия надлежащего регулирования и политической обстановки. Сегодня нефтяные компании во всем мире все больше внимания уделяют устойчивому развитию: снижению негативного воздействия на окружающую среду, уменьшению углеродного следа.

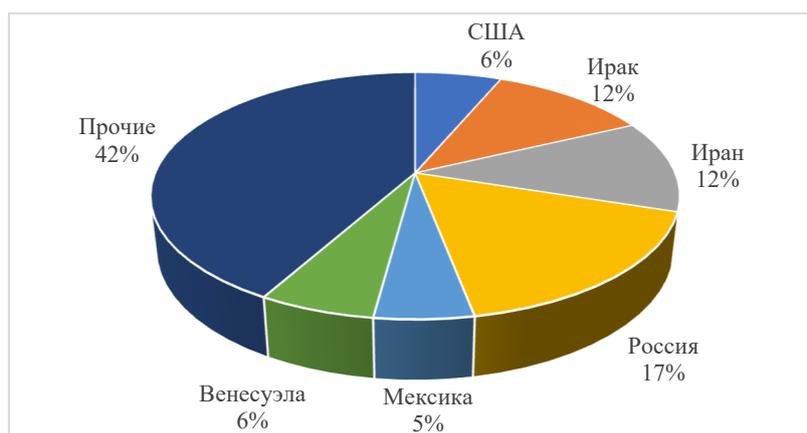


Рис. 5. Структура объемов сожженного нефтяного газа по странам мира в 2021 г.

Эффективность использования нефтяного газа отражает специальный коэффициент, который рассчитывается как соотношение сожженного нефтяного газа

(куб. м) на баррель добытой нефти. Наибольший коэффициент (более 10) наблюдается у Ирана, Нигерии, Ирака. Несмотря на высокий уровень добычи нефти, для России этот показатель значительно ниже (5,6), что свидетельствует об эффективном законодательном регулировании утилизации ПНГ.

Однако, при схожих с США и Саудовской Аравией уровнях добычи нефти в России показатель эффективного использования ПНГ значительно ниже. В Саудовской Аравии основной объем ПНГ идет на газопереработку. Государственной компанией Saudi Aramco создана необходимая инфраструктура для сбора и транспортировки ПНГ, а также создана специализированная нефтехимическая компания SABIC. В США также хорошо развита газопереработка и применяются и другие способы утилизации ПНГ (закачка в пласт, использование в качестве автомобильного топлива, применение специальных трубопроводов), которые используются в зависимости от географического положения месторождения и экономической целесообразности.

Так, распределение выбросов углекислого газа между различными источниками топлива сильно зависит от объемов потребления и направлений использования конечной энергии в стране. В США или Великобритании нефть, за которой следует газ, вносят наибольший вклад в объемы выбросов углекислого газа. В Китае и Индии уголь занимает гораздо более доминирующее положение, в то время как, в России основной объем выбросов углекислого газа происходит от использования природного газа.

Заключение

В 1997 г. был принят Киотский протокол, который стал первым крупным соглашением стран об охране окружающей среды. Киотский протокол был юридически сложным документом, а выполнение обязательств, прописанных в нем, было необходимо к исполнению, но не многие страны смогли перестроить свою энергетику на должный уровень выбросов. Поэтому на замену Киотскому протоколу было принято Парижское соглашение в 2016 г [5]. Главная цель Парижского соглашения – удержать рост средней глобальной температуры сильно ниже 2 °С за счет снижения поступления парниковых газов в биосферу Земли. Страны должны будут достичь пика выбросов CO₂ в максимально ближайшее время.

Постепенно все климатические инструменты и верно выстроенная климатическая политика приведет к тому, что на смену ископаемых топлив придут возобновляемые источники энергии, или низкоуглеродные (природный газ). С каждым годом происходит увеличение доли альтернативных и возобновляемых источников энергии при получении электроэнергии, при этом стоимость производства такой энергии сокращается за счет новых научных и инженерных разработок, а также за счет субсидирования «зеленой» электроэнергии.

Можно сделать вывод, что только комплексный подход к ограничению выбросов углекислого газа в атмосферу поможет достичь поставленных целей по сокращению антропогенного воздействия на климат. Безусловно, каждый новый инструмент, вводимый на той или иной территории нуждается в доработке со-

гласно национальным особенностям страны и ее экономики. Также стоит не забывать о том, что срок использования таких инструментов не может быть коротким, все системы по рыночному регулированию выбросов должны быть долгосрочные и регулироваться в течение всего срока использования исходя из уже полученных результатов.

Развивая как национальные, так и международные административные комплексы по борьбе с выбросами, государства смогут улучшить благосостояние своих граждан путем улучшения качества воздуха и сохранения биосферы Земли.

Благодарности

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата, 1998 URL: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf> (дата обращения 22.03.2023)
2. Friedlingstein P. et al. Global carbon budget 2022 // Earth System Science Data. – 2022. – Т. 14. – №. 11. – С. 4811-4900.
3. Initiative to Reduce Global Gas Flaring: «Zero Routine Flaring by 2030». – 2015. – 52 p.
4. Эдер Л. В., Проворная И. В., Филимонова И. В. Проблема рационального использования попутного нефтяного газа в России // География и природные ресурсы. – 2019. – Т. 1. – С. 14-20.
5. Agreement P. Paris agreement // Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris). Retrived December. – 2015. – Т. 4. – С. 2017.

© И. В. Проворная, 2023