

ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ДИНАМИКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СТРАНАХ МИРА

А.И. Курбатова¹, А.М. Тарко²

¹Экологический факультет
Российский университет дружбы народов
Подольское шоссе, 8/5, Москва, Россия, 113093

²ВЦ РАН им. А.А. Дородницына
ул. Вавилова, 40, Москва, Россия, 119333

В статье исследованы темпы роста парниковых газов Киотского протокола за последние десятилетия, рассмотрена динамика мировых энергетических параметров, определен вклад разных стран в общую эмиссию парниковых газов.

Ключевые слова: парниковые газы, Киотский протокол, диоксид углерода, темпы роста.

Изменения в климатической системе Земли, обусловленные ростом атмосферной концентрации основных парниковых газов (ПГ) антропогенного происхождения — диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O), а также некоторых галоидзамещенных углеводородов стали угрожать стабильному существованию биосферы. Нами проведен анализ динамики выбросов парниковых газов на примере газов, принятых к контролю в Киотском протоколе, таких как CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , HFC (ГФУ, частично фторированные углеводороды), PFC (ПФУ, полностью фторированные углеводороды). Исследованы темпы роста выбросов данных газов за последние десятилетия.

Рассмотрим график темпов роста промышленных выбросов CO_2 в атмосферу (рис. 1, 2) в 1970—2010 гг. [4]. Расчет квадратичной регрессии («полиномиальная кривая») показывает, что с 1970 по 1991 г. скорость роста выбросов CO_2 в целом уменьшалась со значения 4,2 до 1,32%. Затем рост CO_2 стал ускоряться, и в 2009 г. темп роста выбросов составил 3,9%.

Полученный результат показывает, что принятие главами государств в 1992 г. Рамочной конвенции о стабилизации климата в Рио-де-Жанейро носило превентивный характер, поскольку в период 1988—1994 гг. темп роста промышленных выбросов диоксида углерода достигал минимальных значений (1,3—1,5% в год). Решение о принятии Рамочной конвенции о стабилизации климата базировалось на утвержденном в Декларации фундаментальном принципе предосторожности.

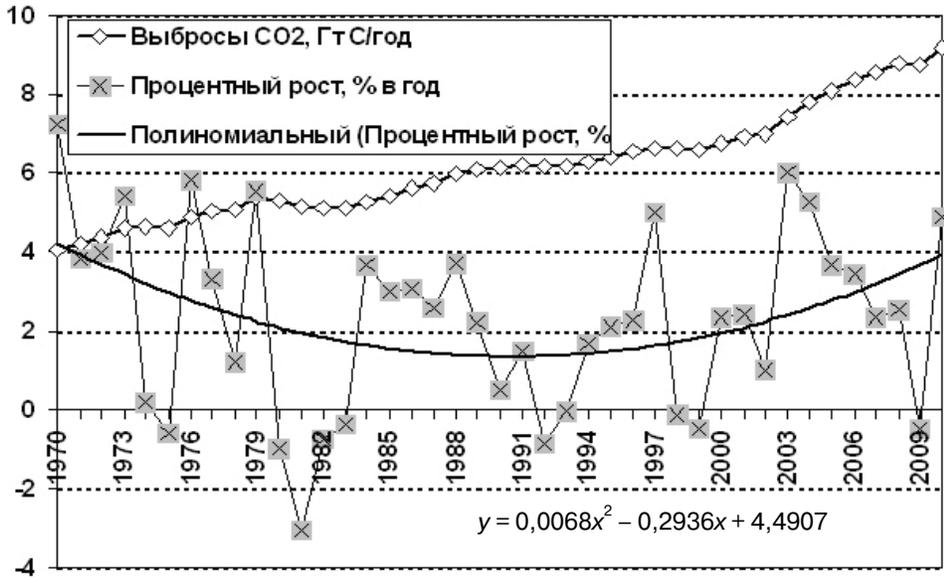


Рис. 1. Величины глобальных промышленных выбросов CO₂, темпы их роста и квадратичная линия темпов роста в 1970—2009 г. Приведено соответствующее уравнение регрессии

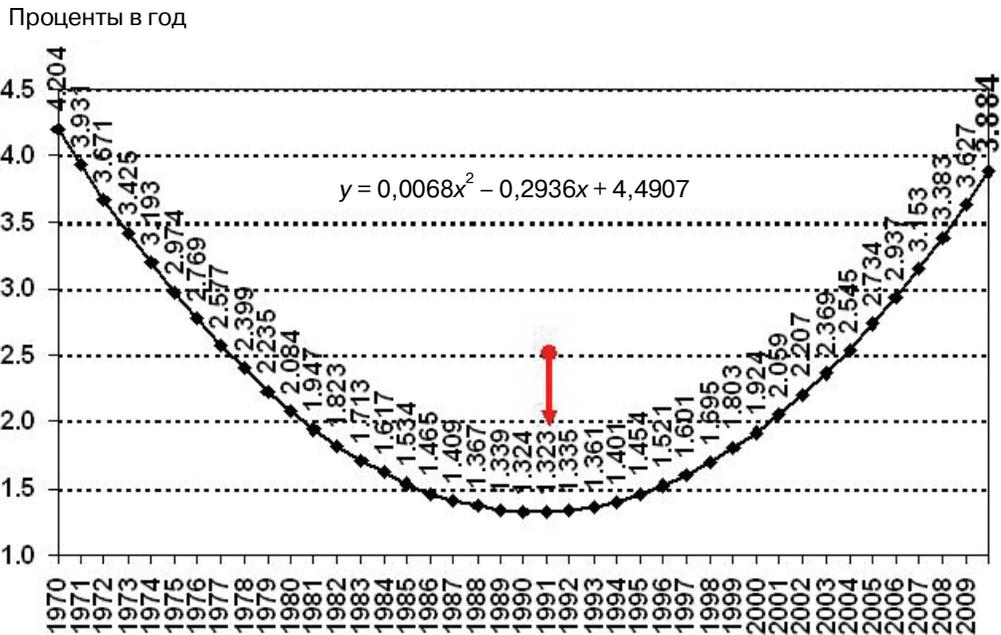


Рис. 2. Темпы роста глобальных промышленных выбросов CO₂ в атмосферу на основе уравнения квадратичной регрессии. Стрелка указывает минимальное значение в 1991 г. [4]

Рассмотрим динамику выбросов парниковых газов в мире (суммарные значения по всем странам) за последние десятилетия (рис. 3).

Отношение величины выброса
к значению в 1990 г.

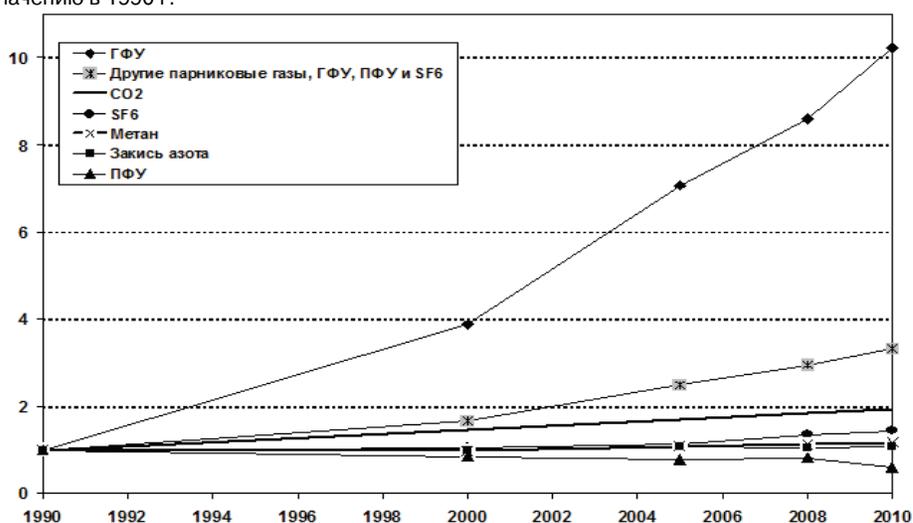


Рис. 3. Рост выбросов ПГ в мире (суммарные значения) 1990—2010 гг. [4]

Исследование динамики выбросов ПГ позволило установить, что для всех парниковых газов, кроме перфторированных углеводородов, для которых наблюдается уменьшение значений выбросов в 2010 г. по сравнению с 1990 г. в 1,6 раз, имеет место восходящий тренд. Экономический рост в последние десятилетия (рис. 4) привел к увеличению эмиссии парниковых газов, так, выбросы ГФУ (см. рис. 3) в 2010 г. выросли в 10,2 раза по сравнению с 1990 г., выбросы диоксида углерода — в 1,92 раза, выбросы гексафторида серы — в 1,45 раза; для метана увеличение выбросов наблюдается в 1,17 раз, закиси азота — в 1,07 раз. Таким образом, относительный вклад частично фторированных углеводородов в изменение климата может значительно увеличиться в ближайшее десятилетие, учитывая, что ГФУ обладают высоким потенциалом глобального потепления (12 000).

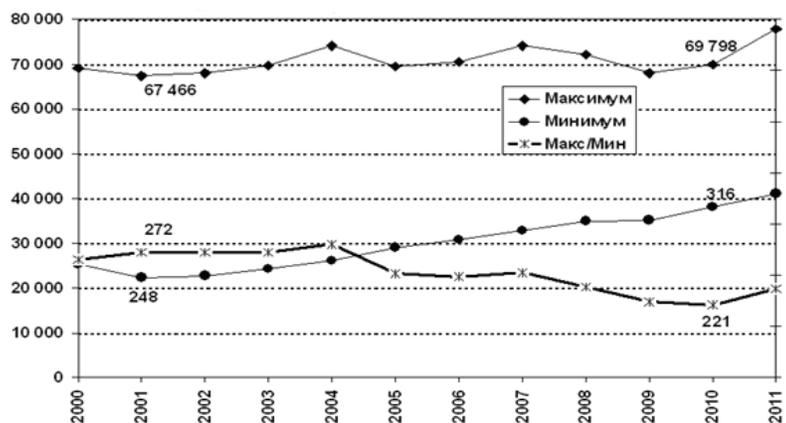


Рис. 4. Ход ВВП на душу населения стран мира за последнее десятилетие:

представлены линия максимальных значений (максимум берется для каждого года по всем странам) (левая ось), линия минимальных значений (минимум берется для каждого года по всем странам) (правая ось) и линия их отношений [4]

В исследовании установлено, что за период 2005—2010 гг. темпы роста выбросов замедлились по сравнению с периодом 2000—2005 гг. (для ГФУ — в 1,8 раз, для SF₆ — в 2,7 раз, для N₂O — в 40 раз, для CH₄ — в 1,6 раз, для CO₂ — в 1,48 раз). Выявленное изменение темпов роста за последние 10 лет может свидетельствовать об изменениях в мировой экономике (повышение доли неэнергоёмких отраслей, смещение процесса развития в сторону создания большей добавленной стоимости на основе экономических знаний и роста человеческого капитала в развитых странах), увеличении загрузки имеющихся мощностей, модернизации производства, а также увеличении доли альтернативных источников энергии. Так, в 2008 г. годовой потенциал потребления энергии из возобновляемых источников составил: солнечной энергии — 1 575 ЭДж (438 000 ТВт·ч), энергии ветра — 640 ЭДж (178 000 ТВт·ч), геотермальной энергии — 5 000 ЭДж (1 390 000 ТВт·ч), биомассы — 276 ЭДж (77 000 ТВт·ч), гидроэнергии — 50 ЭДж (14 000 ТВт·ч) и энергии океана — 1 ЭДж (280 ТВт·ч) [3]. Следует отметить, что выполнение многими государствами условий Киотского протокола также вносит вклад в замедление темпов роста эмиссий ПГ. Однако из рис. 3 ясно, что, несмотря на замедление темпов роста выбросов ПГ за период 2005—2010 гг., наблюдается восходящий тренд их эмиссий в последние десятилетия, что связано с ростом потребления энергоресурсов. По данным МЭА (2012 г.) [3], потребление угля, составившее половину производства энергии предыдущего десятилетия, растет быстрее всех возобновляемых источников энергии [5], что также вносит свой вклад в увеличение эмиссий ПГ. Рассмотрим динамику мировых энергетических параметров (относительно 2000 г.). Из графика (рис. 5) видно, что между эмиссией CO₂ и количеством потребляемой энергии существует тесная корреляционная связь ($R = 0,96$). Сокращение энергопотребления в 2009 г. стало результатом двух противоположных тенденций: значительного роста потребления энергии в нескольких развивающихся странах, в частности в Азии (+4%), и падения потребления в странах ОЭСР на 4,7% в 2009 г. до уровня 2000 г.

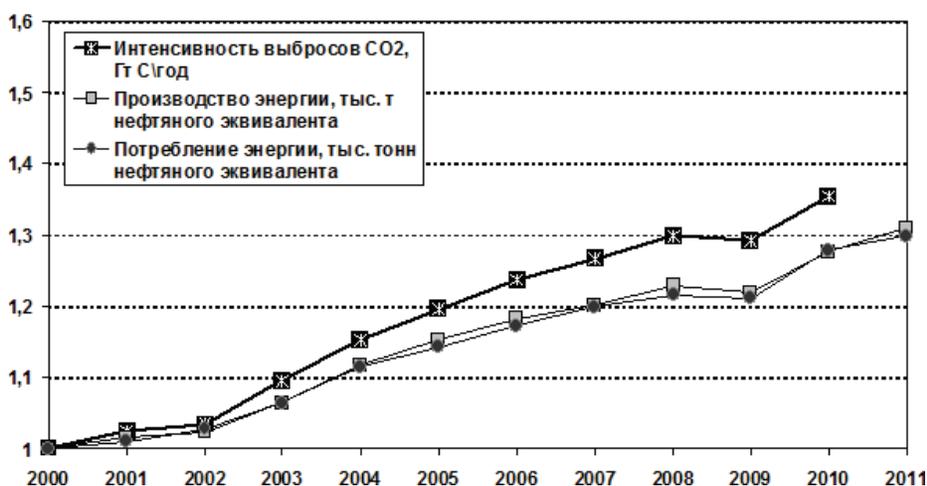


Рис. 5. Динамика мировых энергетических параметров (относительно 2000 г.) [1]

Среди парниковых газов именно углекислый газ и метан активно принимают участие в природных биохимических процессах. Диоксид углерода присутствует в атмосфере в малом количестве — $762 \cdot 10^9$ т С. и является важнейшим фактором, определяющим современную динамику климата и изменений, происходящих в биосфере. Метан — второй по значимости для климата углеродосодержащий парниковый газ, он относится к малым газовым составляющим атмосферы. Его концентрация в атмосфере в 2007 г. составляла около 1800 млрд^{-1} [2]. По типам источников CH_4 гораздо более сложно распределен, чем CO_2 , где подавляющую часть дает сжигание ископаемого топлива. Парниковый эффект метана в 20 раз выше парникового эффекта диоксида углерода, глобальная эмиссия метана в атмосферу равно 535 млн т $\text{CH}_4/\text{год}$, из которых 375 млн т $\text{CH}_4/\text{год}$ имеют антропогенное происхождение [2]. Эмиссия закиси азота тесно связана с сельскохозяйственным использованием земель, сжиганием биомассы и многочисленными индустриальными процессами. Глобальная эмиссия N_2O оценивается величиной $14 \cdot 10^6$ т N/год, антропогенный вклад составляет 50%. Воспользовавшись данными Всемирного банка [1], построим эмпирические функции распределения (полигон частот) выбросов закиси азота на душу населения в 1990, 2000, 2010 гг. (рис. 6). Моды распределения выбросов N_2O за период 1990—2010 гг. смещается в сторону более высоких значений (от 25 тыс. т CO_2 экв. до 72 тыс. т CO_2 экв.).

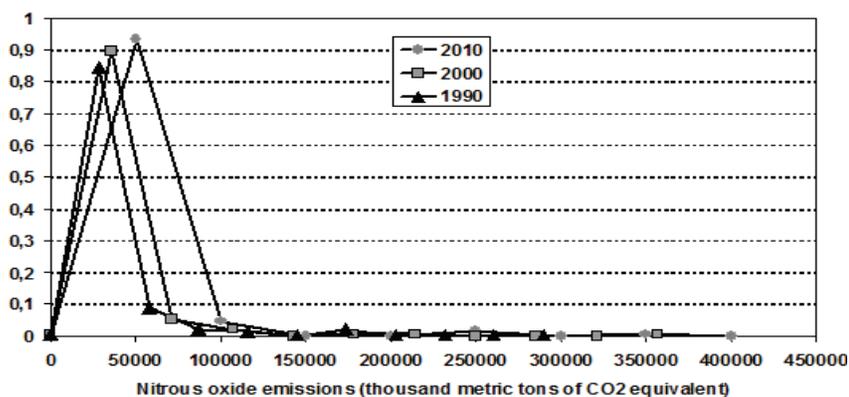


Рис. 6. Полигон частот выбросов закиси азота в мире за 1990, 2000, 2010 гг. [1]

Для понимания вклада каждого региона мира в общую эмиссию ПГ рассмотрим распределение стран по величинам эмиссии ПГ за 2010 г. (табл. 1). Лидирует по выбросам диоксида углерода, метана, закиси азота и гексафторида серы Китай, на втором месте находится США и Индия, на третьем — Россия и Индия. Россия занимает первое место в рейтинге по величине выбросов перфторированных углеводородов, США — по величине выбросов ГФУ и суммы ГФУ, ПФУ и SF_6 . Сильнейший рост выбросов ПГ наблюдается в Китае, США, России, Индии, Бразилии, ЮАР, Индонезии. Именно данные страны определяют динамику глобальных выбросов ПГ (табл.).

**Распределение стран по эмиссиям парниковых газов
(в порядке убывания) в 2010 г.**

Распределение мест стран по парниковым газам (в порядке убывания) в 2010 г. (только имеющие значимые данные)													
CO2	CO2	Метан	Метан	За- кись азота	Закись азота	SF6	SF6	PFC	PFC	HFC	HFC	Other	Other
1	Китай	1	Китай	1	Китай	1	Китай	1	Рос- сия	1	США	1	США
2	США	2	Индия	2	США	2	США	2	Китай	2	Китай	2	Китай
3	Индия	3	Рос- сия	3	Индия	3	Россия	3	Япо- ния	3	Япо- ния	3	Япония
4	Рос- сия	4	США	4	Бра- зилия	4	Корея респ.	4	США	4	Россия	4	Россия
5	Япо- ния	5	Бра- зилия	5	Индо- незия	5	Индия	5	Бра- зилия	5	Канада	5	Канада
6	Гер- мания	6	Индо- незия	6	Судан	6	Гер- мания	6	Кана- да	6	Гер- мания	6	Германия
7	Иран	7	Паки- стан	7	Конго Респ.	7	Канада	7	Египет	7	Фран- ция	7	Индия
8	Корея, респ.	8	Авст- ралия	8	Рос- сия	8	Япо- ния	8	Корея респ.	8	Италия	8	Франция
9	Кана- да	9	Мек- сика	9	Арген- тина	9	Иран	9	Индия	9	Индия	9	Италия
10	Вели- кобр.	10	Иран	10	Авст- ралия	10	Сауд Аравия	10	Испа- ния	10	Вели- кобр.	10	Великобр.
11	Сауд Ара- вия	11	Вьет- нам	11	Мек- сика	11	Турция	11	Нор- вегия	11	Испа- ния	11	Испания
12	ЮАР	12	Кана- да	12	Гер- мания	12	ЮАР	12	Гер- мания	12	Мек- сика	12	Корея респ.
13	Мек- сика	13	Таи- ланд	13	Эфи- опия	13	Брази- лия	13	Син- гапур	13	Авст- ралия	13	Бразилия
14	Индо- незия	14	Банг- ладеш	14	Фран- ция	14	Египет	14	Авст- ралия	14	Сер- бия	14	Австралия
15	Бра- зилия	15	Судан	15	Ниге- рия	15	Фран- ция	15	Тур- ция	15	Турция	15	Мексика

В ближайшие годы мировые выбросы парниковых газов будут расти прежде всего в Китае, Индии и других крупнейших развивающихся странах. Сейчас на первое место по загрязнению выходят страны с развивающимися рынками роста со средним доходом. При этом в странах с высоким доходом в период 2000—2012 гг. [4] выбросы большей частью уменьшаются, а в странах со средним доходом в основном наблюдается увеличение темпов роста эмиссий парниковых газов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Курбатова А.И., Тарко А.М. Анализ стран, сильнейших загрязнителей мира // Проблемы региональной экологии // Камертон. — 2013. — № 2. — С. 66—69.
- [2] Кондратьев К.Я., Крапивин В.Ф. Моделирование глобального круговорота углерода, ФИЗМАТЛИТ, 2006.
- [3] IEA World Energy Outlook. 2012 Executive Summary.
- [4] WorldDevelopmentIndicators. WorldBank, 2012, <http://databank.worldbank.org/ddp/home.do>, 2012.

- [5] *Johansson T.B., McCormick K., Neij L., Turkenburg W.* (2004). The Potentials of Renewable Energy: Thematic Background Paper. Thematic Paper prepared for the International Conference on Renewable Energies, Bonn. Retrieved 6 July 2008, from [http://www.iiiee.lu.se/C1256B88002B16EB/\\$webAll/02DAE4E6199783A9C1256E29004E1250?OpenDocument](http://www.iiiee.lu.se/C1256B88002B16EB/$webAll/02DAE4E6199783A9C1256E29004E1250?OpenDocument)

LITERATURA

- [1] *Kurbatova A.I., Tarko A.M.* Analiz stran, sil'nejshih zagrjznitelej mira // Problemy regional'noj jekologii // Kamerton. — 2013. — № 2. — S. 66—69.
- [2] *Kondrat'ev K.Ja., Krapivin V.F.* Modelirovanie global'nogo krugovorota ugleroda, FIZMATLIT, 2006.
- [3] IEA World Energy Outlook. 2012 Executive Summary.
- [4] World Development Indicators. World Bank, 2012, <http://databank.worldbank.org/ddp/home.do>, 2012.
- [5] *Johansson T.B., McCormick K., Neij L., Turkenburg W.* (2004). The Potentials of Renewable Energy: Thematic Background Paper. Thematic Paper prepared for the International Conference on Renewable Energies, Bonn. Retrieved 6 July 2008, from [http://www.iiiee.lu.se/C1256B88002B16EB/\\$webAll/02DAE4E6199783A9C1256E29004E1250?OpenDocument](http://www.iiiee.lu.se/C1256B88002B16EB/$webAll/02DAE4E6199783A9C1256E29004E1250?OpenDocument)

DYNAMICS OF GREENHOUSE GASSES' EMISSIONS IN THE COUNTRIES OF THE WORLD

A.I. Kurbatova¹, A.M. Tatko²

¹Ecological Department
Peoples' Friendship University of Russia
Podolskoe shosse, 8/5, Moscow, Russia, 113093

²Computing Center. A.A. Dorodnitsyn Academy of Sciences
Vavilova str., 40, Moscow, Russia, 119333

In article are researched growth rates of greenhouse gases of the Kyoto Protocol for the last decades, dynamics of world power parameters, is defined the contribution of the different countries to the general emission of greenhouse gases.

Key words: greenhouse gases, Kyoto Protocol, carbon dioxide, growth rates growth rates.