

Оценка значимости различных компонентов углеродного следа для разработки стратегий по его снижению

Научный руководитель – Оганесян Екатерина Сергеевна

Кириллова Ксения Александровна

Студент (бакалавр)

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва,
Россия

E-mail: kksu03@mail.ru

Углеродный след представляет собой совокупность всех выбросов парниковых газов, происходящих в результате человеческой деятельности, включает в себя не только выбросы углекислого газа (CO_2), но и других парниковых газов, таких как метан (CH_4), закись азота (N_2O), фторсодержащие и другие газы, измеряется в единицах массы (тонны CO_2) и может быть рассчитан как для отдельных продуктов или услуг, так и для компаний, событий, людей или целых стран [1].

Для оценки выбросов парниковых газов используются три основные категории, или "охвата" (scores), определяемые Протоколом по парниковым газам (GHG Protocol), как показано на рисунке.

1 категория (Score 1) — прямые выбросы парниковых газов от источников, принадлежащих или контролируемых организацией. Сюда относятся выбросы от сжигания топлива на собственных объектах, в транспорте, используемом компанией, а также от промышленных процессов.

2 категория (Score 2) — косвенные выбросы, связанные с потреблением энергии, приобретенной организацией у сторонних поставщиков. Например, выбросы от выработки электроэнергии, которая используется компанией.

3 категория (Score 3) — все остальные косвенные выбросы, не включенные в категорию 1 и 2. Она включает в себя выбросы, связанные с цепочкой поставок, транспортировкой продукции, использованием продукции компании, а также с утилизацией продукции.

Парниковые газы, испускаемые в атмосферу Земли, могут удерживать тепло, способствуя парниковому эффекту и глобальному потеплению. Эти газы создают «парниковый эффект», позволяя солнечному свету проникать в атмосферу, но удерживая при этом часть тепла, которое в противном случае излучалось бы обратно в космос. Захваченное тепло необходимо для поддержания температуры, подходящей для жизни на планете. К первичным парниковым газам относятся (рис. 2):

1. Углекислый газ (CO_2). Самый распространенный парниковый газ, выбрасываемый в основном в результате сжигания ископаемого топлива (угля, нефти и природного газа), сжигания древесины и других растительных остатков. Выбросы диоксида углерода происходят также в ходе многих промышленных процессов.

2. Метан (CH_4). Высвобождается при добыче и транспортировке угля, нефти и природного газа. Сельскохозяйственная практика, пищеварение скота, выращивание риса и разложение органических отходов на свалках также способствуют выбросам метана. Еще один возможный источник выбросов метана – оттаивание вечной мерзлоты, сопровождающееся высвобождением значительных объемов газа.

3. Закись азота (N_2O). Производится в результате сельскохозяйственной и промышленной деятельности, а также сжигания ископаемого топлива и твердых отходов.

4. Фторированные газы. К ним относятся гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), гексафторид серы (SF_6) и трифторид азота (NF_3). Эти газы являются синтети-

ческими и обладают высоким потенциалом глобального потепления. Они часто используются в промышленных процессах, кондиционировании воздуха, охлаждении и производстве электроники [2].

Следует отметить, что помимо перечисленных основных парниковых газов, в атмосфере присутствуют и другие трёх- и более атомные соединения, такие как хлорфторуглероды (ХФУ), галогенированные углеводороды и различные фотохимические окислители (например, тропосферный озон O_3). Хотя они также способны поглощать инфракрасное излучение и вносить вклад в парниковый эффект, однако их роль на фоне перечисленных выше основных парниковых газов существенно меньше.

Для объективной оценки вклада различных газов в парниковый эффект используются следующие критерии:

1. Потенциал глобального потепления (ПГП — Global Warming Potential, GWP)

Это интегральный показатель, отражающий, во сколько раз тепловое воздействие одной молекулы газа за выбранный временной интервал (обычно 100 лет) больше, чем тепловое воздействие одной молекулы CO_2 .

- CO_2 (Диоксид углерода): Принят за единицу (ПГП = 1).

- CH_4 (Метан): Гораздо более мощный, чем CO_2 . ПГП (за 100 лет) = 28-36. Это означает, что 1 т метана в атмосфере за 100 лет нагреет планету примерно в 30 раз сильнее, чем 1 т CO_2 .

- N_2O (Закись азота): Самый мощный из этой тройки на молекулярном уровне. ПГП (за 100 лет) = 265-298. 1 т закиси азота эквивалентна почти 300 т CO_2 .

2. Вклад в общий парниковый эффект

Для оценки вклада различных газов в общий парниковый эффект необходимо учитывать не только потенциал глобального потепления (ПГП), но и долю от общего парникового эффекта:

- CO_2 : ~76%. Обладает относительно невысоким ПГП, но его атмосферная концентрация чрезвычайно велика и продолжает быстро расти (свыше 420 ppm или ~0,042%) из-за сжигания ископаемого топлива, вырубки лесов и промышленных процессов. Именно рост CO_2 задает основной тренд глобального потепления.

- CH_4 : ~16%. Концентрация CH_4 в атмосфере невелика (около 1,9 ppm или ~0,00019%), однако благодаря очень высокому ПГП он является вторым по значимости фактором.

- N_2O : ~6%. Концентрация этого газа ещё ниже (около 0,33 ppm или ~0,000033%), но его исключительно высокий ПГП и длительный срок жизни в атмосфере обеспечивают ему третье место. Основной источник — использование азотных удобрений в сельском хозяйстве [3].

Вывод по вкладу: $CO_2 > CH_4 > N_2O$ по общему влиянию на текущее потепление.

3. Время жизни в атмосфере

Критически важной характеристикой, определяющей долгосрочные климатические последствия выбросов, является время жизни газа в атмосфере. Этот параметр определяет, как долго конкретный газ будет продолжать оказывать влияние на климатическую систему Земли после гипотетического прекращения всех его выбросов.

- CO_2 : От сотен до тысяч лет. Механизм удаления CO_2 из атмосферы сложен и многостадийный. Часть газа относительно быстро поглощается океаном и биосферой, однако значительная остаточная фракция участвует в медленных геохимических циклах и может сохраняться в атмосфере на протяжении тысячелетий.

- N_2O : Около 114 лет. Закись азота является долгоживущим газом. Ее длительное время жизни означает, что N_2O эффективно накапливается в атмосфере, и для стабилизации ее концентрации требуется немедленное и существенное сокращение выбросов.

- CH_4 : Около 12 лет. Метан является относительно короткоживущим газом. По сравне-

нию с долгоживущими CO_2 и N_2O , метан быстро распадается. Эта особенность означает, что меры по сокращению выбросов CH_4 могут дать быстрый эффект для замедления темпов потепления в ближайшей перспективе [4].

Источники и литература

- 1) Абрамов, В. И. Углеродный след: методы оценки, сравнение методик и перспективы расчетов в России / В. И. Абрамов, А. В. Власов, Д. О. Перфильев // Креативная экономика. – 2024. – Т. 18, № 8. – С. 2101-2124. – DOI 10.18334/ce.18.8.121475
- 2) Физимонова, И. В. Углеродный след университета как инструмент повышения климатической грамотности студентов / И. В. Физимонова, А. И. Савина, О. И. Кривошеева, К. Д. Гладких. // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2024. – № 2. – С. 222-234. DOI: 10.15593/2224-9354/2024.2.20.
- 3) What are the main sources of US greenhouse gas emissions? [Электронный ресурс] // USA Facts : [сайт]. — Режим доступа: <https://usafacts.org/articles>
- 4) IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis // Summary for Policymakers. [сайт]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/summary-for-policymakers/>.

Иллюстрации



Рис. : Категории оценки уровня выбросов парниковых газов