

**УДК 656**

Хорошавцев М.В., студент гр. БГс-181  
Научный руководитель: Игнатова А.Ю., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

Khoroshavtsev M.V., student of BGs-181  
Scientific adviser: Ignatova A. Yu. , Associate Professor (PhD)  
Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev

## **ОБЗОР МЕТОДИК РАСЧЕТА УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

### **REVIEW CARBON FOOTPRINT CALCULATION METHODS OF ENTERPRISES**

В настоящее время остро стоит проблема негативного влияния промышленности на окружающую среду (ОС). Одной из ключевых проблем экологии является уровень выбросов парниковых газов в атмосферу земли. Парниковые газы скапливаются в приземных слоях атмосферы и приводят к удержанию части тепловой энергии, что ведет к постепенному нагреву поверхности земли. Данное явление в дальнейшем ведет к изменению климат [1, 2]. Перечень основных парниковых газов был утвержден Киотским протоколом в рамках конвенции ООН об изменении климата (1992) [3]. Протокол объясняет влияние каждого из 6 парниковых газов (водяной пар, углекислый газ, метан, озон, оксиды азота и фреоны) и позволяет качественно определить степень влияния каждого из них на ОС.

Углеродный след - это совокупность антропогенных выбросов парниковых газов, прямо (образующихся при сжигании топлива в процессе производства) или косвенно (образующихся в следствии сжигания топлива в процессе выработки электроэнергии, тепловой энергии, перевозки сырья или готового продукта и т.д.) связанных с деятельностью человека. Обычно углеродный след выражается как эквивалент количества выделившегося углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) на тонну готовой продукции ( $\text{гCO}_2/\text{кВт-ч}$ ) [4]. По оценкам экспертов основная доля выбросов  $\text{CO}_2$  в 2018 г. приходится на получение энергии (76 %). В эту долю входит как непосредственно производство электроэнергии и тепла (31,9 %), так и сжигание топлива на транспорте (14,2 %), в производстве и строительстве (12,6 %) [5].

Существуют несколько методов расчета углеродного следа, каждый из них требует разное количество начальных данных, на основе которых можно произвести расчет. Это и является основной проблемой, так как практически невозможно собрать исчерпывающие данные для проведения расчета.

Далее приводится краткая характеристика моделей расчета углеродного следа.

1. Модель процессного анализа (Process analysis (PA) – Process model) [6].

Модель процессного анализа, так же называемая методом «снизу-вверх», основана на оценке влияния каждой производственной операции на ОС. Рассматриваются весь жизненный цикл продукта, от добычи сырья, до его утилизации, за счет этого можно считать, что данная модель является самой точно из рассматриваемых.

Модель процессного анализа не лишена недостатков, основные из которых - это большой объем данных необходимый для проведения расчетов, так как не все из объектов цепи исследования (например, поставщик электроэнергии) готовы разглашать информацию о своих производственных процессах, а также высокая стоимость, в следствии больших временных затрат и трудности вычисления.

Данная модель нецелесообразна для масштабных исследований, в следствии своей трудоемкости, поэтому чаще используется в локальных исследованиях, в которых необходима точность.

2. Модель «ввода-вывода» (Environmental Input – Output (EIO) [7].

Модель «ввода-вывода» является противоположность предыдущей модели, так как при расчете углеродного следа производят анализ табличных значений интенсивности выделения углерода, а не анализ производственных процессов. Вычисление основывается на соотношении выбросов углерода (измеренные в килограммах углекислого газа) и цене изготавливаемой продукции. Продукция разделяется на систему категорий автоматически, для получения конечных данных и оценки величины углеродного следа количество продукции в определенной категории умножается на углеродоемкость данной категории.

Благодаря автоматизации модель является недорогой и быстрой в отношении вычислений. Благодаря этому можно производить большой объем вычислений за короткий промежуток времени. Тем не менее, модель «ввода-вывода» является ограниченной, так как требует однородности и постоянства цен, объемов продукции, выбросов углерода в каждой из категорий, что приводит к существенной погрешности вычислений.

Можно сделать вывод, что в настоящее время не существует универсально методики расчета выбросов парниковых газов, так как каждая из методик имеет как свои преимущества, так и недостатки, поэтому комплекс мер и действий по снижению вредного влияния производства на ОС необходимо разрабатывать индивидуально в каждом конкретном случае.

### Список литературы

1. Виды, источники парниковых газов и их влияние на климат Земли // Проект по выводу ГХФУ в Российской Федерации. URL: [http://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/parnikovye\\_gazy/](http://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/parnikovye_gazy/)
2. Парниковый эффект // Глобальные экологические проблемы. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/parnikovyy-effekt.html>
3. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, 1997. [Электронный ресурс]: URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/kyoto.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml)
4. Абдуллина Л.Р., Подольский А.И. Обзор методик расчета углеродного следа // Высокие технологии и инновации в науке. Санкт-Петербург, 2020. 80 с
5. 4 факта о выбросах парниковых газов в странах и секторах. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>
6. Хендриксон, К., Хорват, А., Джоши, С., Лаве, Л. : Экономические «затраты-выпуск» Модели экологической оценки жизненного цикла. Науки об окружающей среде и Технологии 32, 184-191 (1998)
7. Пан, Х., Kraines, S. : Экологические модели «ввода-вывода» для жизненного цикла Анализ. Экономика окружающей среды и ресурсов 20, 61-72 (2001)

### References

1. Types, sources of greenhouse gases and their impact on the Earth's climate // HCFC phase-out project in the Russian Federation. URL: [http://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/parnikovye\\_gazy/](http://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/slovar/parnikovye_gazy/). [In Russ.].
2. Greenhouse effect // Global ecological problems. URL: <http://www.grandars.ru/shkola/geografiya/parnikovyy-effekt.html> . [In Russ.].
3. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, 1997. [Electronic resource] URL: [https://www.un.org/ru/documents/decl\\_conv/conventions/kyoto.shtml](https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml)
4. Abdullina L.R., Podolsky A.I. Review of methods for calculating the carbon footprint // High technologies and innovations in science. St. Petersburg, 2020. 80 p. [In Russ.].
5. 4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors. [Electronic resource]: <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>
6. Hendrickson, C., Horvath, A., Joshi, S., Lave, L.: Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment. Environmental Science and Technology 32, 184-191 (1998) (date of application 20.10.2021)

7. Pan, X., Kraines, S.: Environmental Input-Output Models for Life-Cycle Analysis. Environmental and Resource Economics 20, 61-72 (2001) (date of application 20.10.2021).