

## Мировой опыт оценки влияния управления спросом на углеродный след в электроэнергетике.

**Почему нужно снижать выбросы CO<sub>2</sub>?** С началом промышленной революции и массового производства (примерно в середине XIX века) на Земле начали резко расти выбросы промышленных газов. Они являются побочным продуктом при производстве практически чего угодно - от тепла и электричества, которыми мы отапливаем и освещаем здания, до сельскохозяйственных продуктов, которые мы ежедневно употребляем в пищу. Многие из этих газов имеют так называемый парниковый (то есть тепличный) эффект. Теплица, как мы знаем, пропускает солнечные лучи, которые нагревают землю, а потом не даёт этому теплу улетучиваться, как бы заперев его в своих прозрачных стенах. Растворенные в атмосфере парниковые газы (метан, углекислый газ, водяной пар и другие промышленные выбросы) делают ровно то же самое, только в масштабах всей планеты – накапливают тепло, исходящее от нагретой солнцем земли [1].

Почти непрерывный рост выбросов на протяжении полутора веков привел к тому, что температура на Земле уже повысилась в среднем примерно на 1,1 градуса Цельсия. Расчеты экспертов Межправительственной группы экспертов по изменению климата IPCC<sup>1</sup> показывают, что так называемая «точка невозврата», когда большинство произошедших изменений станут необратимыми, может быть пройдена уже к 2030 году. Опубликованный в августе 2021 г. доклад IPCC содержит вывод, что без учета деятельности человека настолько резкие изменения климата невозможны. Совокупный вклад всех природных факторов вместе взятых в глобальное потепление составляет около 0,02 градуса из искомого полутора [3]. На рисунке 1 приведена структура выбросов в России по отраслям согласно данным ООН [4]

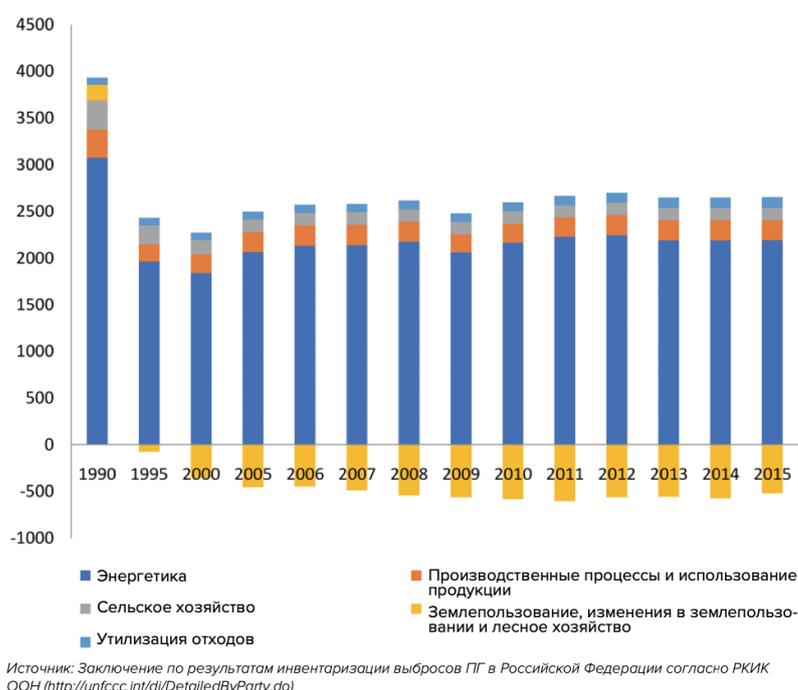


Рис. 1. Динамика ежегодных выбросов/поглощения выбросов парниковых газов в России, 1990-2015 гг. (млн тонн в эквиваленте CO<sub>2</sub>)

<sup>1</sup> С целью предоставления всеобъемлющих оценок состояния научного, технического и социально-экономического знания об изменении климата, его причинах, потенциальных последствиях и стратегиях реагирования климатические модели в 1988 году была создана ООН и Всемирной метеорологической организацией (ВМО) Межправительственная группа экспертов по изменению климата (The Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). В настоящее время IPCC объединяет 195 членов – стран участников.

**Что такое ценообразование на углерод?** Ценообразование за выбросы углерода — это инструмент, который фиксирует внешние затраты на выбросы парниковых газов — затраты на выбросы, за которые платит население, например, ущерб урожаю, расходы на здравоохранение в результате волн жары и засухи, а также потери собственности в результате наводнений и повышение уровня моря - и связывает их с их источниками ценой, обычно в виде цены на двуокись углерода (CO<sub>2</sub>). Цена на углерод помогает переложить бремя ущерба от выбросов парниковых газов обратно на тех, кто несет ответственность за него и может его избежать. Вместо того, чтобы диктовать, кто должен сокращать выбросы, где и как, цена на углерод является экономическим сигналом для источников выбросов и позволяет им решить либо преобразовать свою деятельность и снизить выбросы, либо продолжить выбросы и оплачивать свои выбросы. Таким образом, общая экологическая цель достигается наиболее гибким и наименее затратным для общества способом. Установление адекватной цены на выбросы парниковых газов имеет фундаментальное значение для интернализации внешних издержек, связанных с изменением климата, в самом широком диапазоне принятия экономических решений и в создании экономических стимулов для чистого развития [5].

### **Виды углеродных цен:**

**Система торговли выбросами (ETS)** — это система по принципу «ограничение и торговля» (cap and trade), в которой эмитенты могут торговать единицами выбросов для достижения своих целей по выбросам. Ограничение установлено на общее количество определенных парниковых газов. Предел со временем уменьшается, так что общие выбросы падают. В пределах лимита предприятия покупают или получают квоты на выбросы, которыми они могут обмениваться друг с другом по мере необходимости. Ограничение на общее количество доступных разрешений гарантирует, что они имеют ценность. Чтобы соответствовать своим целевым показателям выбросов при минимальных затратах, регулируемые организации могут либо внедрить внутренние меры по сокращению выбросов, либо приобрести единицы выбросов на углеродном рынке, в зависимости от относительной стоимости этих вариантов. Создавая спрос и предложение на единицы выбросов, ETS устанавливает рыночную цену на выбросы парниковых газов [5].

**Налог на углерод** непосредственно устанавливает цены на углерод путем определения явной ставки налога на выбросы парниковых газов или, чаще всего, по содержанию углерода в ископаемом топливе. Налог на углерод отличается от ETS тем, что результат сокращения выбросов не определяется заранее, а значение налога определяется заранее.

**Механизм компенсации** определяет сокращения выбросов парниковых газов в результате деятельности на основе проектов или программ, которые могут быть проданы либо внутри страны, либо в других странах. Компенсационные программы выдают углеродные кредиты в соответствии с протоколом бухгалтерского учета и имеют собственный реестр. Эти кредиты могут использоваться для соблюдения требований международного соглашения, внутренней политики или целей корпоративного гражданства, связанных со снижением выбросов парниковых газов.

**Внутренние цены на углерод** — это инструмент, который организация использует внутри компании для управления процессом принятия решений в отношении воздействий, рисков и возможностей изменения климата [5].

### **Методология углеродных цен.**

**Общие подходы.** Для правительств выбор типа ценообразования на углерод основан на национальных условиях и политических реалиях. В контексте инициатив по обязательному установлению цен на выбросы углерода наиболее распространенными типами являются ETS и налоги на выбросы углерода. По состоянию на 2017 год в 42 странах и 25 субнациональных юрисдикциях (городах, штатах и регионах) уже есть инициативы по установлению цен на выбросы углерода, и в будущем планируется более активное внедрение цен на выбросы углерода. Наиболее подходящий тип инициативы зависит от конкретных обстоятельств и контекста данной юрисдикции, а политические цели инструмента должны быть согласованы с более широкими национальными экономическими приоритетами и институциональными возможностями. ETS и налоги на выбросы углерода все чаще используются взаимодополняющими способами, при этом особенности обоих типов часто объединяются для формирования гибридных подходов к ценообразованию на выбросы углерода. Многие компании используют цену на углерод в качестве основы для своей внутренней цены на углерод. Некоторые компании устанавливают диапазон цен на углерод внутри своей

компании, чтобы учесть разные цены в разных юрисдикциях и / или учесть будущий рост обязательных цен на углерод [5].

**Швеция.** С момента введения в действие в 1991 году налога на выбросы углерода в Швеции он изменялся несколько раз. В настоящее время по сравнению с налогами на выбросы углерода в других странах, он характеризуется высокой налоговой ставкой, которая в основном взимается с ископаемого топлива, используемого в качестве моторного топлива и для целей отопления. В 2020 году ставка налога на выбросы углерода составила 126 долларов США за тонну CO<sub>2</sub>. Часть промышленного сектора, охватываемая EU ETS, полностью освобождена от национального налога на выбросы углерода. Для некоторых отраслей налог на выбросы углерода был ограничен. Исключения для секторов включают сталелитейную, горнодобывающую промышленность, сельское и лесное хозяйство. Помимо ограничения, шведская сталелитейная промышленность также была в значительной степени освобождена от налога на выбросы углерода до введения EU ETS. Это произошло из-за того, что сталелитейная промышленность рассматривалась как представляющая национальный интерес, и она реально не могла сократить свои выбросы в течение короткого периода времени. Налог на ископаемое топливо взимается при его потреблении или доставке незарегистрированному налогоплательщику. Поскольку в Швеции практически отсутствует производство ископаемого топлива, налогоплательщики состоят исключительно из импортеров, дистрибьюторов и крупных потребителей. Поступления от налога на выбросы углерода в Швеции не являются целевыми и входят в государственный бюджет [6].

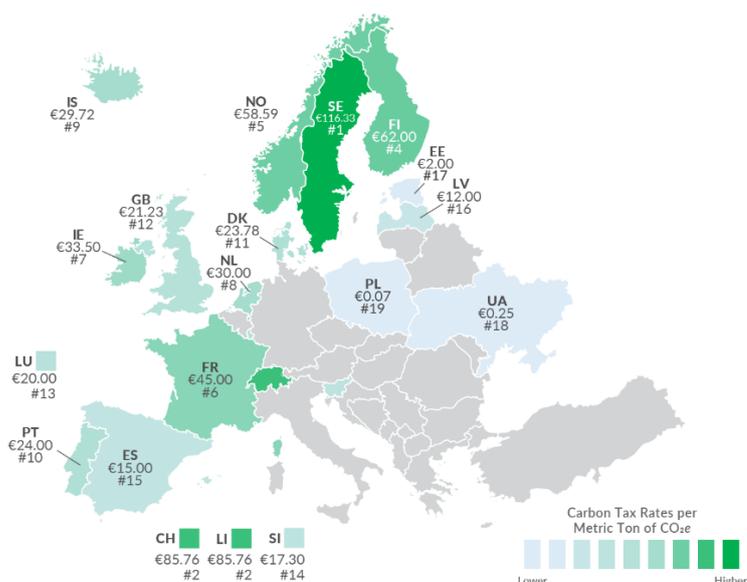
**Схема биржевой торговли выбросами ЕС (EU ETS).** EU ETS была внедрена в ЕС в 2005 году в соответствии с директивой о торговле выбросами. EU ETS представляет собой рыночное решение по сокращению выбросов углерода путем предоставления разрешений на выбросы, которыми европейские страны и компании могут торговать. Поскольку количество разрешений на рынке ограничено, они косвенно устанавливает цену на углерод и, таким образом, действует аналогично налогу на выбросы углерода. EU ETS в основном ориентирована на тяжелую промышленность и электростанции. Во избежание двойного налогообложения Швеция исключила все отрасли, подпадающие под действие EU ETS из национального налога на выбросы углерода [7].

**Канада.** Канадский федеральный налог на выбросы углерода был введен в 2019 году. Налог вводится на федеральном уровне, если провинция еще не взимает налог на выбросы углерода, либо если ее налог на выбросы углерода не соответствует федеральным стандартам. С 2020 года все провинции, в которых отсутствует налог на выбросы углерода, соответствующий федеральным стандартам, подлежат федеральному налогу на выбросы углерода. Структура налога различается в зависимости от провинции. В некоторых провинциях введен федеральный налог на выбросы углерода, в некоторых действует альтернативный региональный налог на выбросы углерода, в других в настоящее время идут судебные процессы, направленные на то, чтобы избежать введения налога на выбросы углерода. Все налоги на выбросы углерода имеют аналогичную структуру: существует единая ставка налога на выбросы углерода для малых предприятий и домашних хозяйств, в то время как промышленные источники выбросов идут с отдельной схемой ценообразования на выбросы углерода, основанной на части их выбросов, а не на закупках топлива [8].

**Уровень углеродных цен в ЕС.** EU ETS покрывает около 40% выбросов парниковых газов в ЕС [5]. На 06.09.21 рыночная цена EU ETS составила 62 €/т. Уровень углеродного налога в странах ЕС приведен на рисунке 2.

## Carbon Taxes in Europe

Carbon Tax Rates per Metric Ton of CO<sub>2</sub>e, as of April 1, 2021



Note: The carbon tax rates were converted using the EUR-USD currency conversion rate as of April 1, 2021.  
Source: World Bank, "Carbon Pricing Dashboard."

TAX FOUNDATION

@TaxFoundation

Рис. 2. Углеродный налог в ЕС

**Углеродное регулирование в электроэнергетике РФ.** Приказы Минприроды №300 от 30.06.2015 "Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов" и №330 от 29.06.2017 "Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов" определяют методику расчета уровня выбросов для всех отраслей и потребителей углеродоемкой продукции [9, 10]. 02.07.21 принят ФЗ №296, где прописаны меры по ограничению выбросов парниковых газов и порядок предоставления отчетности по выбросам. Начиная с 1 января 2023 года отчеты по выбросам CO<sub>2</sub> должны будут предоставлять регулируемые организации, деятельность которых сопровождается выбросами парниковых газов, масса которых эквивалентна 150 и более тысячам тонн CO<sub>2</sub> в год. Начиная с 2025 г. отчитываются компании, если масса выбрасываемых парниковых газов эквивалентна 50 и более тысячам тонн CO<sub>2</sub> в год.

Поставщики российских товаров с большим углеродным следом будут платить в бюджет Евросоюза не менее €1,1 млрд в год, когда власти европейских стран начнут в полной мере взимать «трансграничный углеродный налог», официально предложенный Еврокомиссией 14 июля 2021 года [11]. По мнению экспертов, тот не платит за выбросы парниковых газов на национальном уровне в рамках своего национального законодательства, будет обязан платить в рамках торговых отношений с другими странами и компаниями в другие национальные юрисдикции и системы, установившие плату за выбросы углерода. Единственным механизмом защиты производителей РФ от пограничного углеродного налога должен стать закон, однозначно фиксирующий набор мер национальной политики по сокращению выбросов и распространяющий принцип «загрязнитель платит» за парниковые газы [12].

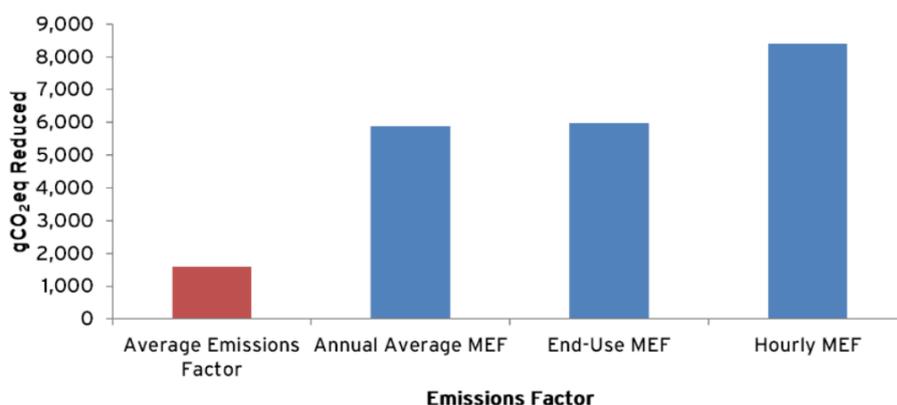
**Мировой опыт методологии расчетов эффективности снижения углеродного следа применительно к потребителям электроэнергии.** В мировой практике в зависимости от задач применяют различные методы для оценки эффективности косвенного изменения углеродного следа потребителями электроэнергии, основные из которых включают использование коэффициента средних выбросов (average emission factor - AEF) и использование коэффициента предельных выбросов (marginal emission factor – MEF) [8, 13, 14]. Коэффициент средних выбросов (AEF) – это отношение всех выбросов к произведенной электроэнергии. Предельный коэффициент выбросов (MEF) - это изменение выбросов в результате единичного изменения спроса [15]. Ниже представлены обзоры применяемой методологии в разных странах.

**Канада.** Министерство природных ресурсов Канады запустило проект создания национальной модели электроэнергетики для поддержки принятия решений политиками и другими заинтересованными сторонами в области энергетики по переходу на более экологичные источники энергии [16]. В рамках этого проекта были рассмотрены вопросы общих модельных подходов к оценке предельных коэффициентов выбросов на примере энергосистемы Альберты [17]. По результатам данной работы сделан вывод о предпочтительности использования при оценке воздействия конкретных технологий предельные коэффициенты выбросов, которые показывают изменение выбросов в результате увеличения спроса, например электромобилями.

Согласно исследованиями регионального климатического агентства Торонто и района Гамильтона Канады (РКА), которое инвестирует в низкоуглеродные решения – обычные методы используют средние значения для получения однородных выбросов, однако эти методы не соответствуют требованиям при рассмотрении выбросов, связанных с конкретным конечным использованием в определенное время суток [18]. Для наглядности РКА рассмотрело простой способ снизить потребление энергии (замена ламп накаливания на светодиодные) и провело расчет эффективности снижения выбросов. В данном примере предполагается, что заменили лампочку накаливания мощностью 60 Вт на светодиодную лампочку мощностью 9 Вт, которая обеспечивает такое же количество освещения. Для простоты предполагается, что освещение используется с 19:00 до 21:00 каждый день. Ниже приведена таблица 1 и рисунок 3, сравнивающие экономию выбросов от экономии 37 кВтч за год с использованием различных методов расчета выбросов CO<sub>2</sub>. Средний коэффициент AEF выбросов существенно занижает сокращение выбросов относительно предельных почасовых коэффициентов MEF, которые наиболее предпочтительны при проведении расчетов. По мнению РКА правильный выбор показателя выбросов углерода в результате различных форм производства электроэнергии является краеугольным камнем успешной программы сокращения выбросов [18]. РКА по результатам исследований использует для расчета изменения выбросов методологию приведенную в таблицах 2 и 3 [19].

**Таблица 1. Расчет снижения выбросов для разных коэффициентов при замене ламп накаливания на светодиодные**

| Коэффициент выбросов  | Удельные выбросы<br>gCO <sub>2</sub> eq/kWh | Сокращение выбросов, gCO <sub>2</sub> eq |
|---|---|--|
| Средний коэффициент выбросов AEF<br>(обычный метод)                         | 43  | 1591                                     |
| Среднегодовой MEF<br>(среднее значение всех профилей использования)         | 159   | 5883                                     |
| Конечное использование MEF<br>(на основе типичного использования освещения) | 162   | 5994                                     |
| Почасовой MEF<br>(часы использования известны)                              | 207 (7 вечера),<br>247 (8 вечера)           | 8399                                     |



**Рис. 3. Снижение выбросов для разных коэффициентов при замене ламп накаливания на светодиодные**

Таблица 2. Методология расчета изменения выбросов

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| Энергоэффективность                                      | Модернизация освещения   | Если свет горит только ночью: непиковый MEF  | Горит ли свет весь день, или это неизвестно: годовой MEF    |
| Хранение электроэнергии                                  | Аккумулятор, который можно заряжать в нерабочее время, а затем использовать в часы пик               | Если известны конкретные часы: часовой MEF   | Если конкретные часы неизвестны: Пиковый / непиковый MEF    |
| Управление спросом                                       | Перенос использования таких приборов, как стиральные машины и посудомоечные машины в нерабочее время | Если известны конкретные часы: часовой MEF   | Если конкретные часы неизвестны: Пиковый / непиковый MEF    |
| Производство электроэнергии из возобновляемых источников | Установка солнечных фотоэлектрических (фотоэлектрических) панелей                                    | Если имеются или могут быть оценены почасовые производственные данные: часовой MEF | Простой анализ или почасовые данные неизвестны: Пиковый MEF |
| Увеличение потребления электроэнергии                    | Расширение использования электромобилей  | Если преимущественно ночью: непиковый MEF  | Время зарядки неизвестно или случайно: годовой MEF          |

Таблица 3. Методология коэффициентов выбросов

|         |                       |  |
|---------|-----------------------|--|
| AEF     | Ежегодный             | Общий объем выбросов от производства электроэнергии, деленный на общий объем электроэнергии, произведенной за год.   |
|         | Часовой               | Общий объем выбросов от производства электроэнергии, деленный на общий объем электроэнергии, произведенной в определенный час дня, в среднем за год.       |
| MEF     | Ежегодный             | Выбросы, возникающие в результате изменений в производстве, делятся на изменения в производстве электроэнергии в любом конкретном году.                    |
|         | Почасовой             | Выбросы, возникающие в результате изменений в производстве, делятся на изменения в производстве электроэнергии в определенный час дня, усредненные за год. |
|         | Пик/непиковый         | Как и годовой MEF, но рассчитывается отдельно для пиковых и непиковых часов.   |
|         | Сезонный              | Как и годовой MEF, но рассчитывается отдельно для каждого сезона года.   |
| Прогноз | Ежегодный AEF         | Прогнозируемые ежегодные AEF на 2019-2035 годы.  |
|         | Ежегодный MEF         | Прогнозируемые ежегодные MEF на 2019-2035 годы.  |
|         | Пиковый/непиковый MEF | Прогнозируемые пиковые и непиковые MEF на 2019-2035 годы.  |

**США.** Согласно исследованиям лаборатории в Беркли, использование простого ежегодного AEF в масштабе штата может значительно снижать выбросы CO<sub>2</sub>. Кроме того, важно различать предельные и средние выбросы для точной оценки снижения выбросов CO<sub>2</sub> при изменении спроса. В целом это исследование показало, что существуют значительные различия в коэффициентах выбросов CO<sub>2</sub> в зависимости от того, какие коэффициент используются – средние, предельные, зональные или сезонные [20, 21, 22, 23, 24]. В США Агентством по защите окружающей среды запущена система мониторинга выбросов в электроэнергетике США eGRID [25]. eGRID -

интегрированная база данных о выбросах и генерирующих ресурсах, является исчерпывающим источником данных об экологических характеристиках почти всей электроэнергии, производимой в США. Важнейший источник данных о выбросах для электроэнергетического сектора, eGRID основан на доступных данных по конкретным предприятиям для всех электростанций США, которые обеспечивают электроэнергией США и представляют данные правительству США. В рамках этой базы данных для оценки предельных значений в базе данных рассчитывается показатель «non-baseload emission rate» - нормы выбросов электростанций, которые, поставляют электроэнергию только в периоды пикового спроса и не работают непрерывно [25].

**Великобритания.** Метод MEF первоначально в 2010 году был продемонстрировал г-н Hawkes A. для расчетов предельных уровней выбросов CO<sub>2</sub> для энергосистемы Великобритании [15]. Метод определения эффективности изменения углеродного следа потребителями электроэнергии через коэффициент MEF показывает необходимую точность расчетов согласно проведенным исследованиям и практическим расчетам [13, 26]. Долгосрочные оценки эффективности механизмов управления спросом обычно основаны на оценке потенциальных выбросов электростанций, которые необходимо было бы построить для покрытия пикового спроса, который снижается за счет управления спросом [27].

**Германия.** Согласно исследованиям по энергосистеме Германии [28, 29], подход с MEF используется для определения влияния изменения спроса, по причине того, что именно MEF характеризует почасовые выбросы, генерируемые реагирующими электростанциями из-за изменения спроса. Задача расчета выбросов при управлении спросом состоит в том, чтобы определить, какие электростанции реагируют на изменения в данный момент времени и в какой степени (маржинальный состав электроэнергии или маржинальная электростанция). В отличие от AEF, подход MEF – это метод, который более реалистично отражает реакцию системы выработки электроэнергии на происходящие изменения.

**Португалия.** На рисунке 4 приведено сравнение уровня средних и предельных выбросов на разных временных интервалах для энергосистемы Португалии по данным за 2012-2014 годы [30]. Маржинальные выбросы постоянно превышали средние на 42–58% выше с учетом времени суток, поскольку последние включали большую долю низкоуглеродных возобновляемых источников. Для электроэнергетической системы с высокой долей возобновляемых источников энергии, такой как португальская энергосистема, предельные выбросы значительно выше, чем средние выбросы. Это может иметь большое влияние при расчетах влияния электромобилей на выбросы, для которых предпочтительно использовать предельные значения.

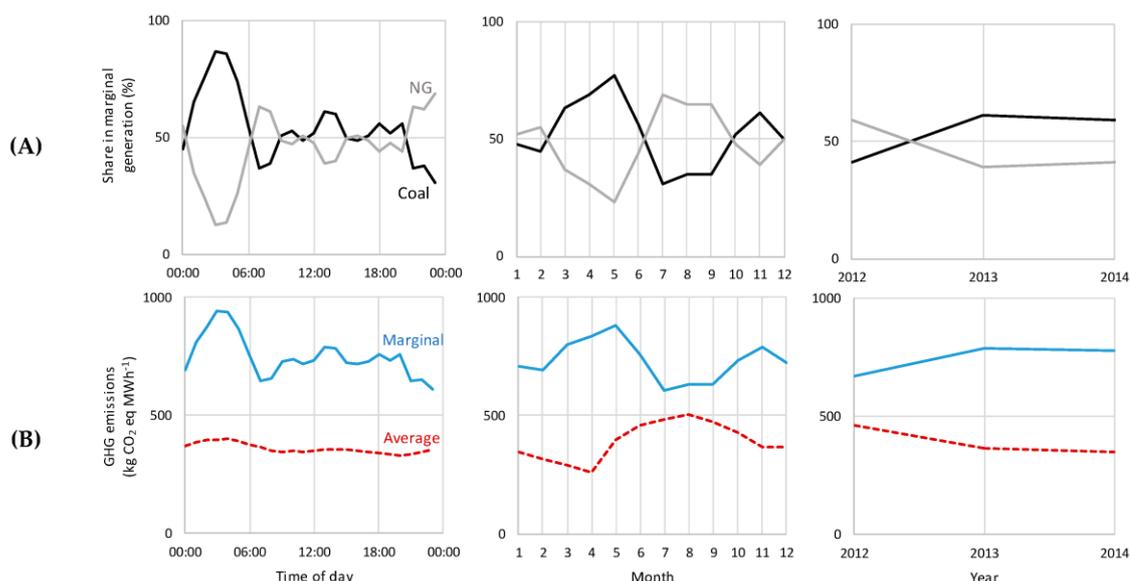


Рис. 4. Сравнение средних и предельных выбросов на разных временных интервалах для энергосистемы Португалии по данным за 2012-2014 гг.

**Сингапур.** Как показано в анализе сингапурской энергосистемы, различие между средним и предельным факторами имеет решающее значение для понимания экологических последствий деятельности по управлению спросом, который оказывает влияние на показатели в краткосрочной перспективе. В то время как сектор производства электроэнергии в Сингапуре имеет один из самых низких средних уровней выбросов в регионе, предельные уровни выбросов часто значительно превышают средние значения за суточный цикл. Для новых технологий таких как интеграция возобновляемых источников энергии, энергоэффективность, реагирование на спрос и электромобили, выбор в пользу предельных значений выбросов - важен при расчетах экологической пользы с точки зрения сокращения выбросов [31].

**Италия.** Согласно исследованиям по итальянской энергосистеме, AEF ошибочно оценивают потенциал изменения выбросов углерода, показатели MEF - надежные индикаторы для оценки углеродного следа современных энергосистем [32].

**Евросоюз.** Практические расчеты эффективности механизма управления спросом в энергообъединении ЕС проведены в 2020 году большой группой исследователей на базе коэффициентов предельных выбросов MEF [13]. Показатели  $MEF_{CO_2i}$  рассчитывались в соответствии с формулой 1.1. Управление спросом на основе цен оптового рынка показал, что выбросы CO<sub>2</sub> увеличились в 8 из 20 стран в среднем на 2,1%. Это объясняется тем, что более дешевая угольная генерация имеют более высокие выбросы CO<sub>2</sub>, чем более дорогая газовая (см. таблицу 4). Управление спросом на основе коэффициентов MEF электростанций приводит к среднему снижению выбросов CO<sub>2</sub> на 35%, однако уменьшает потенциал снижения цен оптового рынка на 56% по сравнению с управлением спросом на основе цен оптового рынка. Управление спросом может увеличить производственные выбросы углерода, если цены оптового рынка будут использоваться в качестве стимулирующего сигнала при текущих ценах на углерод в ЕС. Этого не происходит, если используются коэффициенты MEF в качестве стимулирующего сигнала управления спросом или если установлена цена на углерод для генерирующих компаний около 156 €/т [13].

$$MEF_{CO_2i} = \frac{\varepsilon_{fi}}{\eta_{pi}\eta_{gi}} \quad 1.1$$

$MEF_{CO_2i}$  – коэффициент предельных выбросов в час  $i$ ;

$\varepsilon_{fi}$  – интенсивность выбросов углерода по типу топлива в час  $i$ ;

$\eta_{pi}$  – КПД электростанции в час  $i$ ;

$\eta_{gi}$  – КПД сетей с учетом всех потерь при передаче и распределении в час  $i$ .

Таблица 4. Показатели выбросов, топливной составляющей электростанций ЕС за 2019 год использованные в расчетах [13]

| Тип топлива    | Выбросы CO <sub>2</sub> | Топливная составляющая |
|----------------|-------------------------|------------------------|
|                | Т <sub>CO2</sub> /МВтч  | €/МВтч                 |
| мазут          | 0,28                    | 54,31                  |
| газ            | 0,25                    | 26.10                  |
| каменный уголь | 0,34                    | 14,58                  |
| бурый уголь    | 0,36                    | 6.18                   |
| Ядерное        | 0,0                     | 4.18                   |

## Выводы:

1. В мировой практике активно применяется различная методология оплаты выбросов углерода – наиболее востребована система торговли квотами на выбросы (ETS) на основе рыночных цен (целевая аудитория - крупная промышленность, электроэнергетика) и углеродные налоги;
2. В мировой практике значительное количество стран сформировало методологию расчетов и прогнозирования углеродного следа электроэнергетики для разных временных интервалов. Данные расчеты используются при оценке эффективности изменения выбросов таких технологий как управление спросом, программы повышения энергоэффективности.
3. Согласно мировой практике на разных временных интервалах используются как средние AEF, так и предельные коэффициенты выбросов MEF. Для оценки изменения выбросов технологий управления спросом применяют предельные коэффициенты MEF. Долгосрочные расчеты эффективности изменения спроса основаны на средних показателях AEF потенциальных выбросов электростанций, которые необходимо было бы построить для покрытия пикового спроса, который снижается за счет управления спросом.
4. Проведенные исследования, которые оценивали эффективность снижения выбросов при управлении спросом, указывают на ряд возможных воздействий в зависимости от метода и допущений. Исследования, основанные на краткосрочных оценках, показывают, что управление спросом может иметь как высокий эффект снижения углеродного следа для случая замещения электростанций на ископаемом топливе, так и незначительный эффект в некоторых энергосистемах, и может даже увеличить выбросы, например из-за возрастания потерь (бытовые аккумуляторные системы) или загрузки электростанций с большими выбросами углерода. Когда учитываются долгосрочные структурные воздействия управления спросом, тогда управление спросом может привести к значительному сокращению выбросов углерода в основном за счет вывода из эксплуатации пиковых мощностей и замены их низкоуглеродной базовой генерацией;
5. В ЕЭС России для достижения общемировых целей энергоперехода и снижения выбросов CO<sub>2</sub> возможно создать систему общесистемных расчетов показателей выбросов с расчетом всех необходимых показателей, которые включают почасовые предельные коэффициенты выбросов MEF, средние показатели AEF, средние региональные, средние зональные, средние сезонные и др.

## Источники:

1. IPCC <https://www.ipcc.ch>
2. Специальный доклад МГЭИК о последствиях глобального потепления на 1,5 °C выше доиндустриальных уровней и о соответствующих траекториях глобальных выбросов парниковых газов в контексте укрепления глобального реагирования на угрозу изменения климата, а также устойчивого развития и усилий по искоренению нищеты  
[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15\\_Summary\\_Volume\\_russian.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_russian.pdf)
3. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Aug. 2021 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
4. Энергетика «ЗЕЛЕНОЕ ФИНАНСИРОВАНИЕ» В РОССИИ: СОЗДАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЛЯ «ЗЕЛЕННЫХ» ИНВЕСТИЦИЙ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАПИСКА  
<https://documents1.worldbank.org/curated/en/699051540925687477/pdf/131516-RUSSIAN-PN-P168296-P164837-PUBLIC-Green-finance-Note.pdf>
5. Carbon Pricing Dashboard <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>
6. EU Emissions Trading System (EU ETS) [https://ec.europa.eu/clima/policies/ets\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en)
7. Looking Back on 30 Years of Carbon Taxes in Sweden Samuel Jonsson, Anders Ydstedt, Elke Aasen <https://taxfoundation.org/sweden-carbon-tax-revenue-greenhouse-gas-emissions/>
8. New TAF research reveals carbon impact of electricity conservation Jimmy Lu <https://taf.ca/new-taf-research-reveals-carbon-impact-electricity-conservation/>
9. Приказ Минприроды №300 от 30.06.2015 "Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов"  
<https://docs.cntd.ru/document/420287801>
10. Приказ Минприроды №330 от 29.06.2017 "Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов"  
<https://docs.cntd.ru/document/456079014?marker=64U0IK>
11. <https://www.rbc.ru/economics/26/07/2021/60fac8469a7947d1f4871b47>
12. Цена на углерод» как инструмент экономической и экологической политики  
<https://www.kommersant.ru/doc/4377361>
13. The effect of price-based demand response on carbon emissions in European electricity markets: The importance of adequate carbon prices. 2021. Markus Fleschutz MarkusBohlayer MarcoBraun GregorHenze Michael D.Murphy Institute of Refrigeration, Air-Conditioning, and Environmental Engineering, Karlsruhe University of Applied Sciences, Germany; Munster Technological University, Bishopstown, Cork, Ireland; School of Business and Economics, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Germany; Department of Civil, Environmental and Architectural Engineering, University of Colorado, Boulder USA; National Renewable Energy Laboratory USA, Renewable and Sustainable Energy Institute USA  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921004992#b50>

14. Marginal Greenhouse Gas Emissions of Ontario's Electricity System and the Implications of Electric Vehicle Charging. June 2019 Environmental Science and Technology University of Toronto [https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Pereira-43/publication/334095575\\_Marginal\\_Greenhouse\\_Gas\\_Emissions\\_of\\_Ontario's\\_Electricity\\_System\\_and\\_the\\_Implications\\_of\\_Electric\\_Vehicle\\_Charging/links/5d2c9cbba6fdcc2462e2eb6b/Marginal-Greenhouse-Gas-Emissions-of-Ontarios-Electricity-System-and-the-Implications-of-Electric-Vehicle-Charging.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lucas-Pereira-43/publication/334095575_Marginal_Greenhouse_Gas_Emissions_of_Ontario's_Electricity_System_and_the_Implications_of_Electric_Vehicle_Charging/links/5d2c9cbba6fdcc2462e2eb6b/Marginal-Greenhouse-Gas-Emissions-of-Ontarios-Electricity-System-and-the-Implications-of-Electric-Vehicle-Charging.pdf)
15. Hawkes, A. Estimating marginal CO2 emissions rates for national electricity systems. Energy Policy 2010, 38, 5977–5987 <https://ideas.repec.org/a/eee/enepol/v38y2010i10p5977-5987.html>
16. Инициатива по моделированию энергетики «Инструменты для поддержки перехода Канады в энергетический переход» <https://emi-ime.ca/>
17. Open and Common Approaches for Evaluating Marginal Emission Factors: A Case Study of the Alberta Electric Grid. CanmetENERGY - NRCAN, Canadian Energy Regulator, National Research Council [https://emi-ime.ca/wp-content/uploads/2021/03/EMI-2020-Delisle\\_report\\_Open-and-Common-Approaches-for-Evaluating-Marginal-Emission-Factors-2.pdf](https://emi-ime.ca/wp-content/uploads/2021/03/EMI-2020-Delisle_report_Open-and-Common-Approaches-for-Evaluating-Marginal-Emission-Factors-2.pdf)
18. A Clearer View on Ontario's Emissions <https://taf.ca/publications/a-clearer-view-on-ontarios-emissions-2019/>
19. Electricity emissions factors and guidelines <https://taf.ca/wp-content/uploads/2019/06/A-Clearer-View-on-Ontarios-Emissions-June-2019.pdf>
20. Development of Methodologies for Calculating Greenhouse Gas Emissions from Electricity Generation for the California Climate Action Registry. Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division Lawrence Berkeley National Laboratory. California Energy Commission. <https://www3.epa.gov/ttn/chief/conference/ei11/ghg/price.pdf>
21. Regional Variability and Uncertainty of Electric Vehicle Life Cycle CO2 Emissions across the United States 2015 American Chemical Society <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b00815>
22. Marginal Emissions Factors for Electricity Generation in the Midcontinent ISO Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington, Seattle, Washington United States, Humphrey School of Public Affairs, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota United States, Environmental Studies, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire United States, Department of Engineering and Public Policy, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania United States [https://depts.washington.edu/airqual/Marshall\\_86.pdf](https://depts.washington.edu/airqual/Marshall_86.pdf)
23. Why Are Marginal CO2 Emissions Increasing for U.S. Electricity? Estimates and Implications for Climate Policy November 4, 2020 <https://benny.aeaweb.org/conference/2021/preliminary/paper/nsArAYeQ>
24. Evaluating Interventions in the U.S. Electricity System: Assessments of Energy Efficiency, Renewable Energy, and Small-Scale Cogeneration. Kyle Siler-Evans August 2012 Carnegie Mellon University Department of Engineering and Public Policy Pittsburgh, Pennsylvania 15213 USA <https://www.cmu.edu/ceic/assets/docs/publications/phd-dissertations/2012/kyle-siler-evans-phd-thesis-2012.pdf>

25. Data Explorer <https://www.epa.gov/egrid/data-explorer>
26. How much could domestic demand response technologies reduce CO2 emissions? Eoghan McKenna, Sarah J. Darby Environmental Change Institute School of Geography and the Environment University of Oxford  
[https://www.eceee.org/library/conference\\_proceedings/eceee\\_Summer\\_Studies/2017/2-policy-governance-design-implementation-and-evaluation-challenges/how-much-could-domestic-demand-response-technologies-reduce-co2-emissions/2017/2-107-17\\_McKenna.pdf](https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2017/2-policy-governance-design-implementation-and-evaluation-challenges/how-much-could-domestic-demand-response-technologies-reduce-co2-emissions/2017/2-107-17_McKenna.pdf)
27. Long-run marginal CO2 emissions factors in national electricity systems A.D.Hawkes  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914003006>
28. Dynamic Prospective Average and Marginal GHG Emission Factors—Scenario-Based Method for the German Power System until 2050. Institute of Energy Economics and Rational Energy Use (IER), University of Stuttgart, Energies 2021 <https://d-nb.info/1233287885/34>
29. Comparing empirical and model-based approaches for calculating dynamic grid emission factors: An application to CO2-minimizing storage dispatch in Germany. Braeuer, Fritz; Finck, Rafael; McKenna, Russell. Working Paper Series in Production and Energy, No. 44 June 2020  
<https://www.econstor.eu/bitstream/10419/224507/1/1725163985.pdf>
30. Marginal Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Electricity Generation in Portugal and Implications for Electric Vehicles Department of Mechanical Engineering, University of Coimbra, Portugal <https://www.mdpi.com/2079-9276/5/4/41/html>
31. Marginal CO2 emissions rates in Singapore’s power generation sector: potentials for CO2 abatement. Dr Lynette Cheah, Singapore University of Technology and Design. Anton Finenko, Energy Studies Institute, National University of Singapore  
<https://www.iaee.org/en/publications/proceedingsabstractpdf.aspx?id=12756>
32. The zonal and seasonal CO2 marginal emissions factors for the Italian power market University of Verona, Italy University of Padua, Italy Loughborough University, U.K. 7-9 June - 2021 IAEE Paris Online Conference on Energy, COVID, and Climate Change  
[https://iaee2021online.org/download/contribution/presentation/300/300\\_presentation\\_20210621\\_073005.pdf](https://iaee2021online.org/download/contribution/presentation/300/300_presentation_20210621_073005.pdf)
33. Demand Response in Industrial Production “DRIP” – Innogy  
<https://www.eurelectric.org/stories/dso/demand-response-in-industrial-production-drip-innogy/>