

# ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СОКРАЩЕНИЮ В МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Боровков Ю.Н.<sup>1</sup>, Гамазеева Е.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Боровков Юрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент;

<sup>2</sup>Гамазеева Екатерина Владимировна – магистрант,  
кафедра химии и инженерной экологии,  
Российский университет транспорта (МИИТ),  
г. Москва

**Аннотация:** в статье анализируются различные аспекты проведения оценки косвенных энергетических выбросов парниковых газов на примере ГУП «Московский метрополитен». Метрополитен является одним из крупнейших транспортных предприятий и потребителей электроэнергии в городе, оказываясь, таким образом, причастным к образованию так называемых «косвенных энергетических» выбросов диоксида углерода  $CO_2$ . Одновременно с этим реализация мероприятий по энергосбережению и повышению эффективности использования энергии является также инструментом сокращения этих выбросов.

**Ключевые слова:** метрополитен, парниковые газы, косвенные энергетические выбросы, энергосбережение, электроэнергия.

Актуальность деятельности по оценке и сокращению выбросов парниковых газов определяется рядом международных соглашений (Парижское климатическое соглашение), а также национальных нормативных актов РФ. Так, Указ Президента Российской Федерации от 30.09.2013 № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов» предусматривает сокращение к 2020 году объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75% объема указанных выбросов в 1990 году.

В связи с вступлением в силу Приказа Минприроды России от 30 июня 2015 г. № 300 с 1 января 2016 года организации, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность на территории Российской Федерации, в результате осуществления которой происходят выбросы парниковых газов в атмосферу, обязаны:

- определить, и документировать границы количественного определения выбросов парниковых газов;
- идентифицировать, и классифицировать по категориям источники выбросов парниковых газов.

Также несколько позднее Приказом Минприроды России от 29.06.2017 г. № 330 были утверждены методические указания по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов.

В настоящей статье проводится анализ возможных подходов к оценке выбросов парниковых газов и управлению ими в деятельности Московского метрополитена с учётом требований и рекомендаций различных международных и национальных документов. Основное внимание уделено различным методическим сложностям и способам их решения. Также подчёркивается важность проведения дальнейших исследований по управлению выбросами парниковых газов Московского метрополитена.

ГУП «Московский метрополитен» является крупнейшим транспортным предприятием, осуществляющим пассажирские перевозки в городе Москве. На балансе метрополитена находится свыше 4 000 единиц подвижного состава; 215 станции; 258 электроподстанций; 800 тысяч световых точек; 8879 км кабельных линий; 270 систем теплоснабжения; 548 эскалаторов общей протяженностью 61,4 км; 562,0 км тоннелей; 364,9 км пути в двухпутном исчислении и много другого оборудования [1, 2].

Деятельность московского метрополитена связана с потреблением значительного количества электроэнергии: ежедневный расход на 2015 год составляет свыше 4,5 млн кВт-ч, а в годовом исчислении – свыше 2,3 млрд кВт-ч [1,2]. В 2012 году годовое потребление электроэнергии составило 1,8 млрд кВт-ч [3]. По сравнению с 2015 годом потребление электроэнергии увеличилось на 28 %, так как московский метрополитен расширяет свои границы с вводом новых станций. Основными потребителями энергоресурсов на метрополитене являются службы: подвижного состава, электроснабжения, эскалаторная, электромеханическая, сигнализации, централизации и блокировки, связи и движения.

Проблема сокращения антропогенных выбросов парниковых газов и, прежде всего, главного парникового газа – диоксида углерода  $CO_2$ , очень тесно связана с энергоэффективностью. Таким образом, в отношении оценки выбросов парниковых газов в ГУП «Московский метрополитен» возникает необходимость учёта косвенных энергетических выбросов парниковых газов для представления сведений в разрезе национальной системы отчетности, а также для формирования собственной корпоративной отчетности. Основные принципы оценки и формирования отчетности о выбросах парниковых газов на уровне организации в рамках системы экологического менеджмента содержатся в национальном стандарте ГОСТ Р ИСО 14064-1-2007 [4].

Сокращение потребления электроэнергии способствует пропорциональному уменьшению косвенных энергетических выбросов парниковых газов. Мероприятия в области экономии электроэнергии (например, экономия электроэнергии от использования люминесцентных ламп в сетях тоннельного освещения составила более 700 тыс. кВт-ч в год [1]) являются при этом также мероприятиями по сокращению косвенных энергетических выбросов парниковых газов.

Служба электроснабжения целенаправленно работала над разработкой и реализацией энергосберегающих мероприятий. Это позволило обеспечить экономию более 616,85 тыс. кВт-ч электроэнергии, что соответствует планируемым показателям [1].

Примерно 7-8% электроэнергии в общем балансе метрополитена потребляется осветительными устройствами. Годовая экономия электроэнергии от модернизации систем освещения (в том числе - замены ламп накаливания и люминесцентных на энергосберегающие) составит более 400 тыс. кВт-ч. Ежегодная экономия электроэнергии, таким образом, составляет 5 318 кВт-ч [1].

Основное направление экономии – замена ламп освещения на энергосберегающие с электронными пускорегулирующими аппаратами и повышенной светоотдачей. При этом кроме экономии электроэнергии, снижены нагрузки на сети и повышена освещенность.

Для определения валовых выбросов  $CO_2$  (косвенных энергетических) необходимо располагать данными о количестве использованной привлеченной извне электроэнергии и ее «углеродоёмкости», то есть структуре источников ее генерации.

Расчет косвенных энергетических выбросов производится в соответствии с Методическим указаниями по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов, подготовленными Министерством природных ресурсов и экологии РФ (далее – МПР) [5].

В проекте данного документа предусмотрены два подхода к количественному определению косвенных энергетических выбросов: региональный и рыночный. В данной работе применяется региональный подход, основанный на использовании осредненных региональных коэффициентов выбросов, характеризующих структуру генерации электроэнергии в региональной энергосистеме, из которой организация импортирует электроэнергию.

В соответствии с этим подходом, количественное определение объема косвенных энергетических выбросов от производства использованной электроэнергии осуществляется по формуле 1:

$$M_{CO_2}^{эл,k} = E_k \cdot K_{CO_2,e}^k \cdot 10^{-3} \quad (1)$$

где,  $M_{CO_2}^{эл,k}$  – объем косвенных энергетических выбросов  $CO_2$  при производстве импортируемой электроэнергии, потребленной организацией, в k-энергосистеме, определённые в соответствии с региональным методом за период y, [т  $CO_2$ ];

$E_k$  – потребление организацией импортируемой электроэнергии из k-энергосистемы за период y, [МВт-ч];

$K_{CO_2,e}^k$  – региональный коэффициент косвенных энергетических выбросов  $CO_2$  при производстве импортированной электроэнергии, потребленной организацией, в k-энергосистеме за период y, [г  $CO_2$ /МВт-ч].

Для ГУП «Московский метрополитен», получающего электроэнергию для своей работы из энергосистемы Московского региона, примем значение регионального коэффициента  $K_{CO_2,e}^k$  равным 443 г  $CO_2$ /кВт-ч (согласно Таблице 2.1 проекта Методических указаний [8]).

Таблица 1. Показатели работы и рассчитанные на их основе значения выбросов  $CO_2$  в 2015 году [млн т  $CO_2$ ]

$E_k$ потребление электроэнергии, [млрд. кВт-ч]	N количество пассажиров, [млн. пасс.]	$M_{CO_2}^{эл,k}$ косвенный энергетический выброс $CO_2$ , [млн. т]	$g_{пг}$ удельный выброс $CO_2$ (на пассажира), [кг $CO_2$ /пасс]
2,3	2 384,5	1,02	0,428

Аналогичным образом по формуле (1) могут быть рассчитаны также сокращения косвенных энергетических выбросов парниковых газов в результате выполнения мероприятий по экономии электроэнергии.

Существует также еще одна важная задача, имеющая прямое отношение к оценке выбросов парниковых газов, но требующая несколько иного подхода. Речь идет об оценке так называемого «углеродного следа» продукции и услуг в соответствии с методологией оценки жизненного цикла (LCA). Необходимость и важность проведения таких оценок становится все более очевидной, что на нормативном уровне подкреплено принятием стандарта по определению углеродного следа продукции ГОСТ Р 56276-2014 [6], вступившего в действие с 1 января 2016 года.

В частности, для различных транспортных компаний возникает задача оценки «углеродоёмкости» своей деятельности, главным измерителем которой (показателем «углеродоёмкости») будет выступать удельный выброс парниковых газов на единицу перевозочной работы. Подходы к определению такого

показателя также могут иметь различия, что будет приводить к невозможности корректного сравнения получаемых оценок. В европейском стандарте DIN EN 16258 для оценки энергоёмкости услуг, представляемых транспортными компаниями, используется подход, близкий к тому, что заявлен при формировании национальной отчетности в сфере транспорта – то есть учету подлежат только выбросы непосредственно от самих транспортных средств без учета выбросов обслуживающей их инфраструктуры [5].

Еще одним неоднозначным вопросом в оценке «углеродного следа» транспортной услуги является включение в расчет выбросов от таких процессов, как получение и транспортировка используемого топлива, генерация, передача и трансформация электроэнергии. В DIN EN 16258 предлагаются два разных вида оценки – «well to wheel» и «tank to wheel», то есть с учётом всех стадий процесса, начиная от первичной энергии (природного энергоресурса) «до колеса» и «от бензобака до колеса» без учёта предшествующих процессов, соответственно. Результаты, получаемые с использованием первого и второго способа, в большинстве случаев, будут существенно различаться. Косвенные энергетические выбросы от использования электроэнергии при этом не учитываются.

Таким образом, помимо валовых показателей выбросов парниковых газов большое значение имеют удельные показатели [7].

Например, для московского метрополитена может быть рассчитан удельный косвенный энергетический выброс парниковых газов:

$$g_{\text{ПГ}} = \frac{G_{\text{ПГ}}}{N}, \quad (2)$$

где  $g_{\text{ПГ}}$  – удельный косвенный энергетический выброс парниковых газов на пассажира, [кг CO<sub>2</sub>/пасс.];

$G_{\text{ПГ}}$  – косвенный энергетический выброс парниковых газов ГУП «Московский метрополитен» за определенный период времени [млн т CO<sub>2</sub>];

$N$  – количество перевезенных пассажиров за определенный период времени [млн пасс.].

Также сокращение косвенных энергетических выбросов парниковых газов может происходить благодаря снижению «углеродоемкости» используемой электроэнергии, то есть через уменьшение соответствующего коэффициента, [г CO<sub>2</sub>/кВт·ч]. Эта возможность находится за границами непосредственных потребителей электроэнергии, к которым относится и Московский метрополитен, а может осуществляться на этапах генерации и передачи электроэнергии за счет снижения потерь энергии на всех этапах жизненного цикла от этапа ее генерации (или, при более широком рассмотрении, от этапа получения первичного энергоносителя) и до момента ее передачи конечному потребителю. Для электрогенерирующих и электросетевых компаний выбросы парниковых газов, связанные с ее получением, трансформацией и передачей, являются при этом прямыми и должны оцениваться согласно Приказу № 300 Минприроды, а на основе этих данных могут быть определены соответствующие удельные показатели (коэффициенты), отражающие углеродоемкость используемой конечными потребителями электроэнергии. В свою очередь, потребители электроэнергии, в том числе, ГУП «Московский метрополитен» будут отчитываться согласно Приказу № 330 Минприроды [5] уже о своих косвенных энергетических выбросах, опираясь на данные об углеродоемкости получаемой от сторонних организаций электроэнергии, что позволит получать объективные оценки этих выбросов и эффективности мероприятий по их сокращению.

### Список литературы

1. Хромкин В.А. Опыт энергосбережения в осветительных установках московского метрополитена. [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=152/](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=152/) (дата обращения: 13.02.2018).
2. ГУП «Московский метрополитен». Служба электроснабжения. Раскрытие информации за 2015 год. [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: <http://gup.mosmetro.ru/podrazdelenya/15/> (дата обращения: 13.02.2018).
3. Нормативы технологических потерь электрической энергии при ее передаче по электрическим сетям на 2012 год; утв. приказом Минэнерго России от 23.04.2012 г. № 178. [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: [http://mosmetro.ru/about/structure/power\\_supply/](http://mosmetro.ru/about/structure/power_supply/) (дата обращения: 22.03.2018).
4. ГОСТ Р ИСО 1406401-2007 Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и удалении парниковых газов на уровне организации. [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200077407/> (дата обращения: 13.02.2018).
5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.06.2017 г. № 330 «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема косвенных энергетических выбросов парниковых газов».

6. ГОСТ Р 56276-2014 Газы парниковые. Углеродный след продукции. Требования и руководящие указания по количественному определению и предоставлению информации. [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200117795/> (дата обращения 13.02.2018).
7. Попов В.Г., Боровков Ю.Н. Эмиссия парниковых газов на железнодорожном транспорте // «Безопасность жизнедеятельности». № 11, 2010.
8. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации Приказ от 30 июня 2015 года № 300 «Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации». [Электронный ресурс], 2018. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420287801/> (дата обращения: 22.03.2018).