

КОД ИНЗВ:	111000
НАЗВАНИЕ ИСТОЧНИКА:	ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ СТОЧНЫХ ВОД Молнии
КОД НОМЕНКЛАТУРЫ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ:	301.10.01
КОД НО:	Нет данных

## 1 Включенные виды деятельности

Молнии и коронные разряды во время грозы вызывают атмосферные химические реакции при высоком напряжении и высокой температуре. Данные реакции вызывают образование в атмосфере  $\text{NO}_x$ . Данные производственные процессы, собственно говоря, не являются на самом деле выбросами, поскольку содержащиеся составы (прежде всего  $\text{N}_2$  и  $\text{O}_2$ ) не выводятся в атмосферу, но так или иначе присутствуют. Тем не менее, поскольку эти процессы не могут быть представлены надлежащим образом в виде обычных атмосферных моделей с одной стороны, а их воздействие, в конечном счете, идентично антропогенному воздействию от выбросов с другой стороны, то их легко можно сравнить на уровне выбросов и зачастую они рассматриваются как выбросы.

## 2 Доля в общем количестве выбросов

Общая выработка  $\text{NO}_x$  во время молний насчитывает от 3 до 5 TgN/год [1]. Для США 40% ежегодно вырабатываемого от молний NO рассчитано в течение летних месяцев [2]. Другие оценки, использующие расчетные схемы, данные ниже, указывают, что NO от молний включает только 3% от общей доли выбросов  $\text{NO}_x$  с максимальной долей 24% в определенное максимальное время с учетом антропогенных выбросов в определенный период лета для северо-запада США [3].

Эти данные относятся к выбросам для всей тропосферы. Выбросы в метео-пограничном слое (прим. ниже 1 км) очевидно значительно меньше. При составлении отчетов по выбросам согласно совместной Программе сотрудничества по мониторингу и оценке переноса на большие расстояния (ЕМЕП)/КОРИНЭЙР необходимо соблюдать осторожность, так как отчет должен составляться только по выбросам между уровнем земли и 1 км – см. раздел 8 настоящей главы.

Данный вид деятельности не считается значимым источником  $\text{PM}_{2.5}$  (по состоянию на декабрь 2006).

## 3 Общая информация

### 3.1 Описание

Электрический разряд молнии создает плазменный канал в атмосфере, характеризующейся высоким разделением ионных нагрузок и высоких температур. Главные составляющие атмосферы, а именно азот, кислород и вода, могут ионизироваться, а затем подвергаться химическому преобразованию. Пока точный путь данного преобразования не известен, было выполнено немного оценок [4, 5]. Основным вырабатываемым видом является оксид азота (NO), но образуются также другие составляющие, содержащие азот, кислород и атомы водорода. Критическим для данного образования является высокая температура во время вспышки (до 30 000K) и последующее быстрое охлаждение ниже 1 500 K, что предотвращает вновь образованный NO от немедленного разрушения.

## 3.2 Определения

Молнии:	атмосферные разряды во время грозы
CG-разряд:	вспышка, которая начинается в облаках, перенося несколько кулонов негативного заряда к земле в течение примерно 0,5 секунд (негативный разряд)
IC-разряд:	вспышка, которая не связана с землей: вспышки внутри облаков, между облаками и от облаков в атмосферу

## 3.3 Методы

Поскольку молния проявляет различные характеристики в зависимости от погоды, будь то разряды от облаков к земле (CG), либо между облаками или внутри облаков (IC), методики по оценке выбросов не могут быть предприняты на данном уровне детализации. Было отмечено, что разряды IC могут быть в 10 раз менее эффективны при выработке  $\text{NO}_x$ , чем разряды CG [4]. Тем не менее, более новая информация предполагает, что данные разряды практически одинаковы [1, 5]. Объем и распределение образованного NO, как полагают, зависит от энергии и частоты ударов молнии, которые, в свою очередь, зависят от температуры и высоты облаков. Молнии между облаками встречаются более часто, чем молнии от облаков к земле. Соотношение было откорректировано согласно толщине облачного слоя (холодное облако = ниже точки замерзания), представляя, тем самым, размер электрического поля, которое позволит определить количество вспышек IC [6]. Несмотря на большие отклонения данного соотношения, была найдена зависимость от географической широты, используя в качестве параметра толщину холодного облака.

## 3.4 Выбросы

Из составляющих, сформированных в разрядах молнии, данные представлены только для NO и  $\text{NO}_2$  в виде  $\text{NO}_x$ . Данные выбросы считаются наиболее важными.

Разделение необходимо выполнить для молний между облаками и от облаков к земле, учитывая их выбросы в атмосферу в соответствии с моделями. Молнии между облаками возникают на высоте выше 5 км и могут не приниматься во внимание в некоторых моделях пограничных слоев, в то время предполагается, что молнии достигают высоты примерно 7 км от земли (30° северной широты) или 10 км (30° южной широты). Образованный NO распределяется с понижением высоты в качестве функции плотности воздуха [7]. Для вспышки на высоте 7 км 20% выбросов возникло бы на самой низкой точке 1000 м и 80% между уровнем земли и точкой 5 км.

В компонент [3] IC — рассчитанный только с использованием подробной методики — предполагается добавить дополнительно 21 % NO на 60° N и 61 % на уровне экватора. Подразумевается, что все вспышки IC возникают на высоте 5 км.

## 3.5 Средства регулирования

По определению нет средств регулирования природных выбросов.

## 4 Упрощенные методологии

Количество вспышек молний можно рассчитать, выполнив измерения (см. раздел 5 настоящей главы) или оценку. В последнем случае вспышки оцениваются с использованием метеорологических данных о возникновении гроз или с учетом географической широты рассматриваемой зоны. В помощь данной оценки могут использоваться спутниковые данные [8]. Выбросы рассчитываются в соответствии с [3] :

$$CG_{NO} = E \times M$$

где

$$\begin{aligned} CG_{NO} &= \text{NO, образованный вспышками молнии от облаков к земле,} \\ E &= 4 \times 10^8 \text{ J на вспышку от облаков к земле и} \\ M &= 9 \times 10^{16} \text{ молекул NO / J.} \end{aligned}$$

Расчет в единицах массы дает 2,75 кг  $NO_x$  (рассчитанный как  $NO_2$ ) на вспышку молнии. Предполагается, что 20% от данного объема выбрасывается на высоте ниже 1 км, 80% на высоте ниже 5 км.

## 5 Подробные современные методологии

Отличие подробной методики в том, что количество вспышек молнии фактически посчитано и включены вспышки между облаками. Данные по США доступны, благодаря сейсмической сети Восточного побережья или архиву данных о разрядах молний компании Global Atmospherics, Inc. в Тусоне, штат Аризона. Во многих европейских странах, особенно в Западной Европе, национальные сети доступны, благодаря соответствующим национальным метеорологическим службам. Тем не менее, данная сеть не включает вспышки между облаками (IC).

Выбросы рассчитываются согласно [9]:

$$LNO = (N_{CG} \cdot EF_{CG} / \varepsilon_{CG}) + [(N_{CG} / \varepsilon_{CG}) \cdot (10 / (1 + (\Phi/30)^2) - 1)] \cdot EF_{IC}$$

где:

$$\begin{aligned} LNO &= \text{выбросы NO от вспышек молний в исследуемой зоне, молекулы NO,} \\ N_{CG} &= \text{количество зарегистрированных вспышек от облаков к земле (CG),} \\ \varepsilon_{CG} &= \text{КПД сети CG,} \\ EF_{CG} &= \text{коэффициент выбросов для NO по каждой вспышке молнии от облаков к земле,} \\ \Phi &= \text{широта исследуемой зоны в градусах,} \\ EF_{IC} &= \text{коэффициент выбросов для NO по каждой вспышке молнии между облаками и} \\ &\quad \text{внутри облаков.} \end{aligned}$$

Коэффициенты выбросов, необходимые для расчетов, даны в разделе 8 настоящей главы. По Восточному побережью США КПД должен быть указан 0.7 [9]. Уравнение учитывает то факт, что молнии между облаками зависят от широты и примерно в четыре раза чаще, чем молнии от облаков к земле. Поскольку недавние исследования [6] указывают на менее явную зависимость широты в отличие от данной, результаты фактически идентичны на широте 40°.

Предполагается, что выбросы от вспышек IC происходят только на высоте 5 км. В отличие от этого предполагается, что 80% выбросов от молний от облаков к земле происходят на высоте ниже 5 км, а 20% на высоте ниже 1 км.

## 6 Статистические данные о соответствующих мероприятиях

Необходимо получить метеорологические данные по частоте молний. Климатология молний выпускается или имеется в наличии в метеорологических службах многих стран. Данные могут быть получены на основании отчетов о явлениях грозы или у наблюдательной сети или по спутниковой информации.

## 7 Критерии выделения точечных источников

Нет точечных источников загрязнений.

## 8 Коэффициенты выбросов, стандарты качества и справочная литература

В литературе имеется большое количество коэффициентов выбросов, начиная от лабораторных исследований и до полевых исследований. В соответствии с [10], низкий, средний и высокий уровень данных оценок может быть дан в  $0.36 \times 10^{26}$ ,  $4 \times 10^{26}$  и  $30 \times 10^{26}$  молекул NO на вспышку. Как указано в [10] и обсуждалось в [3] самые высокие показатели (от [11]) не подтверждены исследованиями, моделирующими выпадение соли азотной кислоты. [1] оценивает общее образование NO<sub>x</sub> на основании наиболее подходящего приближенного значения между общей моделью и наблюдениями в районах, где считается, что молния будет основным источником. Данное исследование приводит к самому низкому из трех коэффициентов, следовательно, мы рекомендуем применять коэффициент  $0.36 \times 10^{26}$  молекул NO (2,75 кг NO<sub>x</sub>) на каждую вспышку молний в виде EF<sub>CG</sub>. Можно зарегистрировать только часть из данных выбросов (см. Таблицу 8.1).

Данные из литературы [4, 9] предлагают коэффициент выбросов для молний между облаками ниже, чем для молний от облаков к земле. Мы настоятельно рекомендуем определить EF<sub>IC</sub> равным  $0.36 \times 10^{25}$  молекул NO (275 г NO<sub>x</sub>). Последние теоретические исследования [5] показывают, что подобный низкий коэффициент выбросов не может быть в действительности. Общая рассеянная энергия при вспышке IC должна быть выше, чем при вспышках GC. Даже учитывая пониженное образование NO на большой высоте EF<sub>IC</sub> должен быть значительно выше (возможно коэффициент 5). Тем не менее, количественная оценка отсутствует, и выбросы могут рассматриваться только на высоте свыше 5 км (где они изначально рассматривались в глобальном масштабе). Следовательно, изменения будут внесены на последнем этапе, когда будут новые доказательства.

Все рекомендуемые коэффициенты выбросов собраны в нижеприведенную таблицу согласно соответствующей высоте. Обратите внимание, что отчет необходим только для выбросов от молний до одного километра на данном этапе. Выбросы верхнего слоя могут потребоваться только на последнем этапе.

**Таблица 8.1: Рекомендуемые коэффициенты выбросов на вспышку молнии в молекулах NO и кг NO<sub>x</sub> (рассчитанного как NO<sub>2</sub>) соответственно.**

ВЫСОТА	EF <sub>CG</sub> (молекулы)	EF <sub>CG</sub> (кг)	EF <sub>IC</sub> (молекулы)	EF <sub>IC</sub> (кг)	ПРИМЕЧАНИЕ
ниже 1 км	$0.72 \times 10^{25}$	0,55	0	0	отчет
от 1 км до 5 км	$2.16 \times 10^{25}$	1,65	0	0	без отчета!
свыше 5 км	$0.72 \times 10^{25}$	0,55	$0.36 \times 10^{25}$	0,275	без отчета!
Итого	$3.6 \times 10^{25}$	2,75	$0.36 \times 10^{25}$	0,275	без отчета!

В связи с неточностью коэффициента образования NO мы присваиваем код качества D. Дополнительную информацию по неточностям можно найти в [1] и [12].

## 9 Структура видообразования

Выбросы даны для NO<sub>x</sub>. В то время как фактически весь продукт окисления первоначально является NO, значительная часть очень быстро преобразуется в NO<sub>2</sub> (в зависимости от наличия озона и т.д.). Данная часть может быть около 25% от исходного NO [11].

## 10 Оценка неопределенности

Неопределенность по коэффициентам выбросов была оценена по одному из трех коэффициентов; однако, действительность результатов должна быть проверена относительно оценок, данных в литературе которые дают результаты, отличающиеся на порядок (см. [5] и [10]).

## 11 Наиболее уязвимые аспекты/приоритетные области данной методологии, которые требуют проведения дополнительных изысканий.

В зависимости от методики оценки коэффициентов выбросов имеются большие несоответствия. Они должны быть определены до проведения подробной оценки. Кроме того процессы химического преобразования в молниях требуют изучения, особенно относительно молний между облаками.

## 12 Критерии территориального разукрупнения для источников загрязнений в зоне

Территориальное разукрупнение должно проводиться в соответствии с распределением молний и явлений грозы.

## 13 Критерии временного разукрупнения

Временное разукрупнение должно выполняться в соответствии с суточными и годовыми циклами явлений грозы/молний.

## 14 Дополнительные комментарии

Молния, как известно, происходит без влияния человека, таким образом, это явление нужно рассматривать как естественный источник.

## 15 Дополнительные документы

## 16 Методика контроля

## 17 Список цитированной литературы

- [1] Levy H., Moxim W., Kasibhatla P. (1996). 'A global three-dimensional time-dependent lightning source of tropospheric NO<sub>x</sub>', *Journal of Geophysical Research*, 101, pp. 22911–22922.
- [2] Placet M., Battye R., Fehsenfeld F., Basset G. (1990). 'Emissions involved in acid deposition processes', *NAPAP State of Science and Technology Report 1*, Chapter 5, pp. 9–19.
- [3] Novak J., Pierce T. (1993). 'Natural emissions of oxidant precursors', *Water, Air and Soil Pollution*, 67, pp. 57–77.
- [4] Sisterson D., Liaw Y. (1990). 'An Evaluation of Lightning and Corona Discharge on Thunderstorm Air and Precipitation Chemistry', *Journal of Atmospheric Chemistry*, 10 (1) pp. 83–96.
- [5] Gallardo L., Cooray V. (1996). 'Cloud cloud-to-cloud discharges be as effective as cloud-to-ground discharges in producing NO<sub>x</sub>?' *Tellus*, 48B, pp. 641–651.
- [6] Price C., Rind D. (1993). 'What determines the cloud-to-ground lightning fraction in thunderstorms?' *Geophysical Research Letters* 20, pp. 463–466.

- [7] Pierce T., Novak J. (1991). Estimating Natural Emissions for EPA's Regional Oxidant Model. Presented at Environmental Protection Agency/Air and Waste Management Association International Specialty Conference on Emission Inventory Issues in the 1990s, Durham, NC., 9–12.9.1991. 14p.
- [8] Turman B., Edgar B. (1982). 'Global lightning distribution at dawn and dusk', *Journal of Geophysical Research* 87, pp. 1191–1206.
- [9] RADIANT Corp. (1996). EIIP Volume 5, Biogenic sources preferred methods. Final report to the Area Sources Committee, Emission Inventory Improvement Program, May 1996.
- [10] Biazar A, McNider R. (1995). 'Regional estimates of lightning production of nitrogen oxides', *Journal of Geophysical Research* 100, pp. 22861–22874.
- [11] Franzblau E., Popp C. (1989). 'Nitrogen oxides produced from lightning', *Journal of Geophysical Research* 94, pp. 11089–11104.
- [12] Lawrence M., Chameides W., Kasibhatla P., Levy H., Moxim W. (1995). 'Lightning and atmospheric chemistry: the rate of atmospheric NO production'. In: *Handbook of Atmospheric Electrodynamics*, Vol. 1, edited by H. Volland, pp. 189–202, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

## 18 Библиографический указатель

## 19 Выпущенная версия и дата

Версия: 1.3

Дата: 04 февраля 1999

Исправлено с добавлением информации о твердых примесях в декабре 2006

## Наведение справок

Все вопросы по данной главе следует направлять соответствующему руководителю (руководителям) экспертной группы по транспорту, работающей в рамках Целевой группы по инвентаризации и прогнозу выбросов. О том, как связаться с сопредседателями ЦГИПВ вы можете узнать на официальном сайте ЦГИПВ в Интернете ([www.tfeip-secretariat.org/](http://www.tfeip-secretariat.org/)).