

КОД ИНЗВ:	111000
НАЗВАНИЕ ИСТОЧНИКА:	ДРУГИЕ ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ СТОЧНЫХ ВОД Молнии
КОД НОМЕНКЛАТУРЫ ИСТОЧНИКОВ ВЫБРОСОВ:	301.10.01
КОД НО:	11.С

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 NO_x . Данные производственные процессы, собственно говоря, не являются на самом деле выбросами, поскольку содержащиеся составы (прежде всего N_2 и 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 NO_x во время молний насчитывает от 3 до 5 ТгN/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 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 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 NO_2 в виде 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 свыше 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

CG_{NO} = NO, образованный вспышками молнии от облаков к земле,
 E = 4×10^8 J на вспышку от облаков к земле и
 M = 9×10^{16} молекул NO / J.

Расчет в единицах массы дает 2,75 кг NO_x (рассчитанный как NO₂) 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:

LNO = выбросы NO от вспышек молний в исследуемой зоне, молекулы NO,
 N_{CG} = количество зарегистрированных вспышек от облаков к земле (CG),
 ε_{CG} = КПД сети CG,
 EF_{CG} = коэффициент выбросов для NO по каждой вспышке молнии от облаков к земле,
 Φ = широта исследуемой зоны в градусах,
 EF_{IC} = коэффициент выбросов для NO по каждой вспышке молнии между облаками и внутри облаков.

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 0.36×10^{26} , 4×10^{26} и 30×10^{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_x 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 0.36×10^{26} молекул NO (2,75 кг NO_x) на каждую вспышку молний в виде EF_{CG}. 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_{IC} равным 0.36×10^{25} молекул NO (275 г NO_x). 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_{IC} 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_x (рассчитанного как NO₂) соответственно.

ВЫСОТА	EF _{CG} (молекулы)	EF _{CG} (кг)	EF _{IC} (молекулы)	EF _{IC} (кг)	ПРИМЕЧАНИЕ
ниже 1 км	0.72×10^{25}	0,55	0	0	отчет
от 1 км до 5 км	2.16×10^{25}	1,65	0	0	без отчета!
свыше 5 км	0.72×10^{25}	0,55	0.36×10^{25}	0,275	без отчета!
Итого	3.6×10^{25}	2,75	0.36×10^{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_x. В то время как фактически весь продукт окисления первоначально является NO, значительная часть очень быстро преобразуется в NO₂ (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_x', *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_x?' *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/).