

2. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84). – Введ. 01.01.91. – Переиздание ноябрь 2011г. с Изменением № 1, утвержденным в июле 2000 г. – 104 с.

3. Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents: ISO 13344:2004. – Введ. 15.10.04. – Switzerland: International Organization for Standardization, 2004. – 24 с.

4. Лейнова, С.Л. Расчетно-экспериментальный метод оценки токсичности продуктов горения полимерных материалов по составу газовой смеси / С.Л. Лейнова [и др.] // Сборник докладов VI международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация», 8-9 июня 2011 г., – Минск, 2011. – С. 185-190.

УДК 551.510

Н.С. Метельская¹, канд. физ.-мат. наук nata.miat@gmail.com

В.П. Кабашников¹, доц., д-р физ.-мат. наук
v.kabashnikov@dragon.bas-net.by

О.С. Залыгина², доц., канд. техн. наук zolha@tut.by

А.В. Норко^{1,2}, студ. teufelflox@mail.ru

(¹Институт физики НАН Беларуси, г. Минск, ²БГТУ, г. Минск)

ОЦЕНКА ВКЛАДА АНТРОПОГЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПЛОТНОСТИ ВЫПАДЕНИЙ ПОДКИСЛЯЮЩИХ И ЭВТРОФИРУЮЩИХ ПРИМЕСЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Необходимым условием инновационного развития в промышленности является контроль выбросов загрязняющих веществ и мониторинг состояния окружающей среды. Одной из важных проблем, связанных с антропогенными выбросами в атмосферу, являются кислотные дожди. В составе кислотных выпадений преобладают окисленная сера, окисленный азот и восстановленный азот. Их прекурсорами являются диоксид серы, оксиды азота и аммиак. Кислотные осадки могут вести как к подкислению почвы (окисленные сера и азот), так и к эвтрофикации (азотосодержащие вещества). В поступление серо- и азотосодержащих соединений в атмосферу существенный вклад вносят предприятия химической промышленности.

Поступление в атмосферу Беларуси прекурсоров кислотных выпадений происходит как от местных источников, природных и антропогенных, так и вследствие трансграничного переноса. Оценка вклада

антропогенных источников в плотности выпадений подкисляющих и эвтрофирующих примесей на территории Беларуси может быть проведена с помощью моделирования.

Химико-транспортная модель GEOS-Chem [1, 2] позволяет рассчитывать перенос и трансформации атмосферных примесей в глобальном и региональном масштабах. Модель GEOS-Chem является коллективной собственностью научного сообщества её пользователей. Координируют разработку Гарвардский университет (США) и университет Дальхауз (Канада). Различными авторами были проведены многочисленные сопоставления результатов модельных расчётов с экспериментальными данными, которые показали хорошее совпадение.

Входными данными для модели GEOS-Chem являются базы данных поступления химических компонентов и аэрозолей в атмосферу и метеорологические данные. Результатом моделирования является распределение содержания атмосферных примесей в пространстве и времени. Ядро химического механизма включает взаимные превращения озона, оксидов азота и углеводов. Рассматривается сухое и влажное осаждение примесей. Сухое осаждение зависит от типа подстилающей поверхности и метеорологических условий. Влажное удаление учитывает три основных механизма: удаление при конвективном подъёме влажного воздуха, внутриоблачное удаление примесей при образовании новых порций осадков и подоблачное вымывание примесей. При конвективном подъёме влажного воздуха образуются водяные капли, в которых растворяются газовые примеси. Концентрации большинства растворённых в капле газов находятся в равновесии с веществом вне капли и определяются законом Генри. Исключение составляют азотная кислота и аэрозоли, которые столь быстро поглощаются каплями воды, что лимитирующим фактором становится скорость подвода указанных веществ к капле. Внутриоблачное удаление примесей происходит за счёт превращения в осадки части воды, содержащейся в облаке. Подоблачное вымывание примесей представляет собой захват примесей летящими каплями. Этот механизм может действовать и внутри облака. Ниже облака возможно также испарение капель и выпуск части или всей примеси, содержащейся в капле, в воздух.

С помощью модели GEOS-Chem можно рассчитать сухие и влажные выпадения трёх групп веществ: окисленная сера, окисленный азот и восстановленный азот. Окисленная сера (SO_4^{2-}) включает сульфаты, в том числе сульфаты на поверхности морского солевого аэрозоля. Окисленный азот (NO_3^-) включает неорганические серосо-

держающие нитраты, неорганические нитраты на поверхности морского солевого аэрозоля и азотную кислоту. Восстановленный азот включает аммоний (NH_4^+).

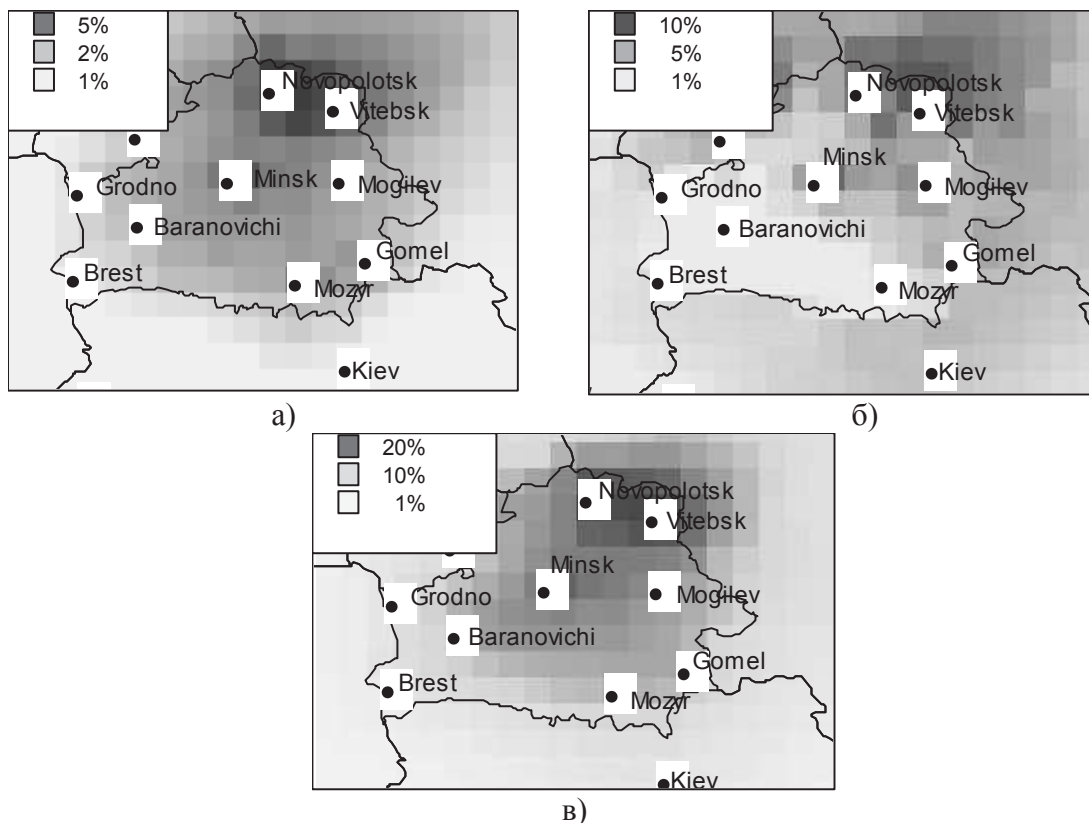
На основе регионального варианта модели GEOS-Chem нами рассчитаны плотности выпадений окисленной серы, окисленного и восстановленного азота со среднемесячным и среднегодовым усреднением за 2010–2012 годы. Как показали расчёты, больше всего выпадений имело место на восточной границе Беларуси; это объясняется тем, что там же выпадало больше всего осадков: влажное осаждение составляет более 90% общего количества выпадений. Сезонные вариации суммарной по площади Беларуси плотности выпадения серы и азота также коррелируют с осадками. Наибольшие плотности выпадения окисленной серы имеют место в летние месяцы и весной. Выпадения окисленного азота максимальны в летние месяцы. Выпадения аммония максимальны весной.

Для учёта вклада белорусских антропогенных источников контур Беларуси был моделирован ячейками европейской региональной модели, лежащими на границе Беларуси. Для ячеек, лежащих внутри контура, не учитывались антропогенные источники. Разность между значениями плотности выпадений, рассчитанными с учётом всех баз данных, и значениями, рассчитанными при исключённых антропогенных источниках, является оценкой вклада белорусских антропогенных источников в выпадения на территорию Беларуси.

На рисунке показан вклад (%) белорусских антропогенных источников в выпадениях окисленной серы, окисленного азота и восстановленного азота в регионе Беларуси (усреднение за 2010–2012 годы).

Как показали результаты моделирования, вклад белорусских антропогенных источников в выпадения не превышает 10% для окисленной серы и окисленного азота, 20% для восстановленного азота. Подавляющее большинство выпадений основных кислотных загрязнителей обусловлено трансграничным переносом и природными источниками.

Вклад белорусских антропогенных источников минимален на юго-западе республики и максимален на северо-востоке, что связано, скорее всего, с доминирующим направлением западных ветров и расположением белорусских источников. По-видимому, максимальный вклад дают источники, расположенные в Минске и Новополоцке.



а – окисленная сера; б – окисленный азот, в – восстановленный азот
Рисунок – Вклад (%) белорусских антропогенных источников в кислотные выпадения в регионе Беларуси в 2010–2012 годах

Как видно из результатов расчетов, существенную роль в выпадении кислотных осадков на территории Беларуси играет трансграничный перенос. Следовательно, уменьшение количества выпадающих примесей может быть достигнуто только объединёнными международными усилиями.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Global modeling of tropospheric chemistry with assimilated meteorology: Model description and evaluation / I. Bey [et al.] // J. Geophys. Res. – 2001. – Vol. 106. – P. 23073–23096.
- 2 GEOS-Chem Model [Electronic resource]. – Mode of access: <http://acmg.seas.harvard.edu/geos>.