



2. Штрамбранд, Ю.М. Исследование и разработка процесса получения дисперсного диоксида титана особой чистоты. Дисс... на соискание степени кандидата химических наук / Ю.М. Штрамбранд. М., 1982.
3. Бессарабов, А.М. Исследование процесса гидролитической соконденсации тетраэтоксисилана и тетрабутоксититана/ А.М. Бессарабов// ЖПХ, 1987. № 3.
4. Кафаров, В.В. Системный анализ процессов химической технологии: процессы массовой кристаллизации из растворов и газовой фазы/ В.В. Кафаров, И.Н. Дорохов, Э.М. Кольцова. М.: Наука, 1983.
5. Зонтаг, Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем/ Г. Зонтаг, К. Штрэнге Л.: Химия, 1972.

УДК 502.55.001.18

Л.А. Запасная, Т.В. Савицкая

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ИСТОЧНИКАМИ ВЫБРОСОВ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

In this paper the comparative analyze of atmospheric air pollution models is presented. The main theoretical principles of atmospheric air pollution modeling methods used in Russian Federation are viewed. With using the software product TOXI+Risk the atmospheric air pollution by two stationary sources and emergency discharge of ammonia are modeled.

Приводится сравнительный анализ моделей прогнозирования загрязнений атмосферного воздуха постоянно действующими источниками выбросов опасных веществ и в результате аварии с разгерметизацией оборудования. Проведен сравнительный анализ теоретических положений отечественных методик, предназначенных для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха, рассмотрены основные их возможности, достоинства и недостатки. С использованием программного комплекса ТОКСИ+^{Risk} проведено моделирование загрязнения воздуха в результате аварии с выбросом аммиака и двух постоянно действующих источников загрязнения, расположенных на территории промышленного предприятия.

К настоящему времени сложились три основных подхода для количественного описания процесса рассеяния выброса в атмосфере [1]:

- гауссовские модели рассеяния, называемые также дисперсионными моделями;
- модели рассеяния, базирующиеся на интегральных законах сохранения либо в облаке в целом (залповый выброс), либо в поперечном сечении облака (продолжительный выброс) – модель рассеяния «тяжелого газа»;



- модели, построенные на численном решении системы уравнений сохранения и именуемые как модели или методы прямого численного моделирования.

Проведен сравнительный анализ теоретических положений и результатов моделирования для источников выбросов опасных веществ (ОВ), который выявил ряд существенных достоинств и недостатков применяемых методик для оценки последствий аварий. В данной работе приводится сравнительный анализ моделей прогнозирования загрязнений атмосферного воздуха источниками выбросов ОВ по методикам ТОКСИ-2, ТОКСИ-3 и ОНД-86. Для выбросов «легких» газов применима методика ТОКСИ-2, однако результаты расчетов по ней следует принимать как консервативную (завышенную) оценку, поскольку «легкие» газы будут подниматься вверх и рассеиваться с более высокой отметки, что приведет к более низким концентрациям у поверхности земли.

В РД-03-26—2007 (методика ТОКСИ-3) [2] учитывается ряд особенностей распространения в атмосфере выбросов «тяжелого» газа, т.е. выбросов газообразных (или капельно-газообразных) сред. Модели рассеяния «тяжелого газа» относятся к моделям, базирующимся на интегральных законах сохранения массы, энергии, на гравитационном растекании облака. В методике ТОКСИ-3 [2] принят ряд допущений таких как гравитационное растекание облака ОВ учитывается с помощью эмпирической зависимости; истечение ОВ и его испарение происходят с постоянной скоростью, соответствующей максимальной скорости истечения (испарения); разлив жидкой фазы происходит на твердой, не впитывающей поверхности; осаждение на подстилающую поверхность выброса опасного вещества («тяжелого» газа) и его химические превращения при рассеянии не учитываются.

Методика расчёта концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86) [3]:

- устанавливает требования в расчете концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе при размещении и проектировании предприятий, нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих предприятий, а также при проектировании воздухозаборных сооружений;

- позволяет рассчитывать концентрации загрязнения воздуха от одиночного источника, от группы источников, учитывая влияние рельефа местности, застройку местности, направление и скорость ветра;

- позволяет также проводить расчет загрязнения атмосферы с учетом суммации вредного действия нескольких веществ;

- содержит нормы по определению минимальной высоты источников выброса, по установлению предельно допустимых выбросов и определению границ санитарно-защитной зоны предприятий.

В работе было проведено моделирование загрязнения в результате аварии с выбросом ОВ с использованием программного комплекса ТОКСИ+^{Risk}, разработанного специалистами ЗАО Научно-технический центр «Промышленная Безопасность» [4]. В качестве примера приведен



анализ полученных результатов моделирования для типового источника, находящегося на территории Новомосковской акционерной компании «Азот»: хранилище газообразного аммиака (масса 29 т, температура в оборудовании 0 °С, давление в оборудовании 4 бар). Был рассмотрен сценарий развития аварии с выбросом ОВ в газообразном состоянии при разгерметизации оборудования (сценарий № 2) [2].

Был проведен анализ влияния технологических параметров оборудования и метеорологических условий на процессы распространения примеси и, как следствие, определялись экологические последствия загрязнения окружающей среды (максимальные концентрации, зоны загрязнения) и зоны токсического поражения в результате аварии. В качестве базовых были использованы следующие метеоусловия: атмосферное давление 1,0133 бар, температура воздуха 20 °С, скорость ветра 2 м/с, переменная облачность (5 баллов), тип подстилающей поверхности – городская застройка. В работе были рассмотрены классы устойчивости атмосферы – инверсия (F, ночное время), конвекция (B, дневное время). С использованием программного комплекса ТОКСИ+^{Risk} были рассчитаны зоны смертельного и порогового поражения по методикам ТОКСИ-2 и ТОКСИ-3 в различное время суток (см. таблицу 1). Из полученных результатов, очевидно, что методика ТОКСИ-2 дает завышенные результаты, о чем свидетельствуют более протяженные зоны поражения.

Табл. 1. Результаты расчета зон поражения по методикам ТОКСИ-2 и ТОКСИ-3

Расчетный параметр	Время суток	Значение длины зоны
Максимальная длина зоны токсического поражения (ТОКСИ-2): смертельного (LCt), м порогового (PCt), м	дневное	145
		518
Максимальная длина зоны токсического поражения (ТОКСИ-3): смертельного (LCt), м порогового (PCt), м	дневное	26
		312
Максимальная длина зоны токсического поражения (ТОКСИ-2): смертельного (LCt), м порогового (PCt), м	ночное	313
		1215
Максимальная длина зоны токсического поражения (ТОКСИ-3): смертельного (LCt), м порогового (PCt), м	ночное	28
		840

В результате проведенных расчетов установлены зависимости скорости рассеивания опасного вещества от класса устойчивости атмосферы. Как показал расчет, в ночное время (рис. 1, верхняя кривая) зоны поражения и значения концентраций на сопоставимых расстояниях больше, чем в дневное (рис. 1, нижняя кривая). Это объясняется тем, что, во-первых, при неустойчивой стратификации условия для рассеяния выброса лучше, чем при устойчивой, т.к. проницаемость атмосферы выше и температура воздуха



ниже при устойчивой стратификации и процессы рассеяния протекают медленнее. И, во-вторых, тем, что скорость движения выброса в приземном слое при неустойчивой стратификации выше, чем при устойчивой.

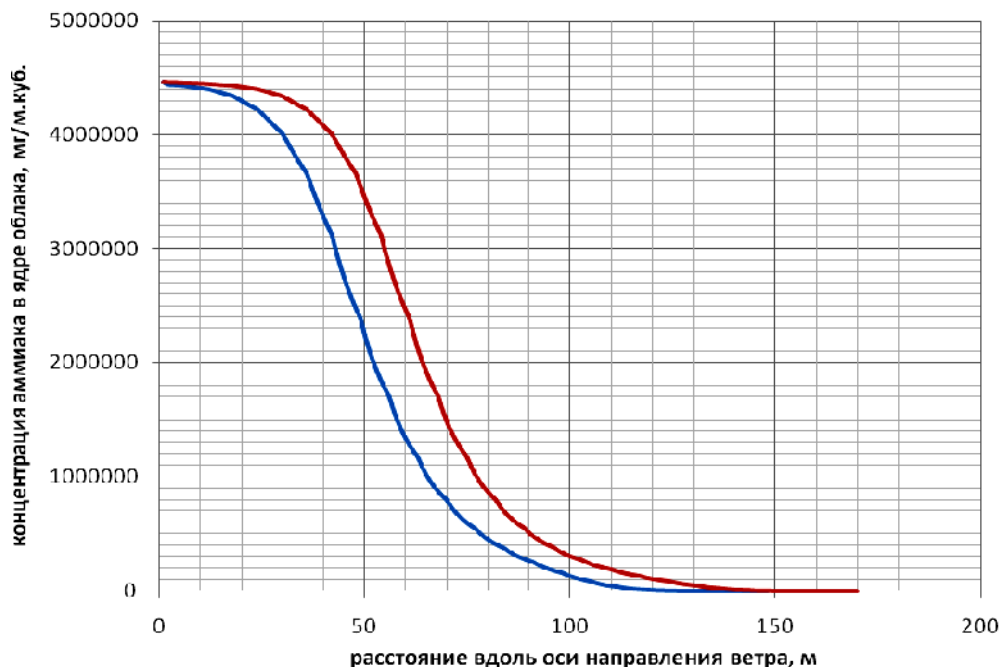


Рис. 1. Профиль концентрации аммиака в ядре облака вдоль оси направления ветра (пояснения в тексте)

Для прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленного предприятия были выбраны 2 источника НАК «Азот» со следующими характеристиками, представленными в таблице 2. Расчет проводился для базовых метеоусловий: скорость ветра 2 м/с, температура воздуха 20 °С.

Табл. 2. Характеристики источников загрязнения атмосферного воздуха

№ источника выброса	91	92
Высота источника выброса, м	80	14,75
Размер сечения устья источника, м	1,0	1,2
Скорость газовой смеси на выходе из источника, м/с	5,6	5,6
Температура газовой смеси на выходе из источника, °С	80	40
Наименование ОВ	NH ₃	NH ₃
Максимальное количество ОВ, выбрасываемых в атмосферу, г/с	86,6	1,332

В результате прогнозирования загрязнений атмосферного воздуха с использованием программного комплекса ТОКСИ+^{Risk} был получен максимальный уровень суммарной приведенной концентрации равный 0,531 мг/м³ для постоянно действующих двух точечных источников, что превышает ПДКм.р. равное 0,2 мг/м³. При рассмотрении каждого источника в отдель-



ности были получены следующие результаты: для источника №91 максимальная концентрация равна $0,4 \text{ мг/м}^3$, для источника № 92 – $0,114 \text{ мг/м}^3$.

Очевидно, что загрязнения двух точечных источников более опасно, чем действие каждого источника в отдельности. Максимальная концентрация аммиака при загрязнении атмосферного воздуха постоянно действующими источниками достигается на расстоянии 600 м от источников.

В результате рассмотренного выше разрушения хранилища в газообразным аммиаком получено, что концентрация аммиака равная $0,531 \text{ мг/м}^3$ достигается на расстоянии 141 км, а на расстоянии 600 м от источника аварии концентрация составляет 41460 мг/м^3 . На расстоянии 141 км от постоянно действующих точечных источников загрязнения концентрация аммиака составит $7,172 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3$. В связи с этим очевидно, что авария только на одном хранилище аммиака значительно опаснее, чем выбросы постоянно действующих источников загрязнения атмосферы.

Библиографические ссылки

1. Горский В.Г., Моткин Г.А., Петрунин В.А., Терещенко Т.Ф., Шаталов А.А., Швецова-Шиловская Т.Н. Научно-методические аспекты анализа аварийного риска. – М.: Экономика и информатика, 2002. – 260с.
2. РД-03-26-2007. Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ. Сер. 27. Декларирование промышленной безопасности и оценка риска. Вып. 6. /Кол. авт.- М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 2008. – 94с.
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: Общесоюзный нормативный документ (ОНД-86). – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.
4. Агапов А.А., Лазукина И.О., Марухленко А.Л. и другие. Использование программного комплекса ТОКСИ+^{Risk} для оценки пожарного риска / Безопасность труда в промышленности, №1, 2010.– с.44-50.

УДК 519.713.5:504.3.054

А.Н. Кудряшов, С.П. Дударов

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

КЛЕТОЧНЫЙ АВТОМАТ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА

The mathematical apparatus for modeling the processes of pollutant impurity in the result of accidental emission developed basing on the theory cellular automatons is in the paper. Common calculating equations and cellular automaton rules are suggested. The example of calcu-