

«ТОКСИЧНОСТЬ АВАРИЙНО ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ И ПАРАМЕТРЫ ЗОНЫ ХИМИЧЕСКОГО ЗАРАЖЕНИЯ»

Синицын В.В., Кирсанов А.А.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Перечни производимых и используемых промышленностью химических веществ насчитывают десятки тысяч наименований и большинство из них представляют определенную опасность. В технологических процессах промышленности используются такие химически опасные вещества, как аммиак, хлор, окись этилена, нитрил акриловой кислоты, азотная кислота, сернистый ангидрид и др., а также углеводороды, получаемые крекингом нефтепродуктов.

Аварийно химически опасные вещества (АХОВ) – это химические вещества, которые при выходе в окружающую среду способны заражать воздух (почву) с поражающей концентрацией (плотностью).

В соответствии с федеральным законом от 22 августа 1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" перечень опасных химических веществ включает 179 наименований. Однако не все из них представляют реальную опасность и при авариях могут вызвать чрезвычайную ситуацию (ЧС). В практике гражданской защиты перечень опасных химических веществ содержит только те, которые обладают высокой летучестью и токсичностью, и в аварийных ситуациях могут стать причиной массового поражения людей.

Поражающее действие АХОВ обусловлено их способностью при проникновении в организм нарушать его нормальную деятельность, вызывают болезненные состояния, а при определенных условиях – приводят к летальному исходу. Поражение людей и животных происходит, в основном, при вдыхании зараженного воздуха (ингаляционное), при употреблении в пищу зараженных продуктов и воды (пероральное), при попадании АХОВ на кожу с последующим проникновением в кровь (кожно-резорбтивное).

Степень поражения (степень и характер нарушений нормальной жизнедеятельности человека) при воздействии АХОВ определяется особенностью токсического действия вещества; агрегатным состоянием; концентрацией вещества в воздухе (воде), продолжительностью воздействия (временем экспозиции), путями проникновения вещества в организм, индивидуальными особенностями организма человека.

Диапазон нарушений биологических процессов лежит в пределах от минимальных отклонений до летальных исходов. В практических целях рассматривают три качественных нарушения состояния живых организмов (токсические эффекты):

Дискомфортные состояния, при которых обнаруживаются начальные проявления токсического действия, - пороговые эффекты.

Состояния, не позволяющие выполнять возложенные функции, - эффекты выведения из строя.

Состояния, приводящие к смертельному исходу, – летальные эффекты.

Под токсичностью вещества понимают его способность нарушать биологические процессы в живых организмах. Мера токсичности АХОВ - это количество вещества, вызывающее определенный токсический эффект, отнесенное к единице массы организма. Размерность токсичности выражается в (г/кг) или (мг/кг). Так, например, к сильнодействующим ядовитым веществам относятся вещества с токсичностью менее 15 мг/кг, которая вызывает летальный эффект. Чем меньше мера токсичности, тем более токсичным является вещество.

Для АХОВ, проникающих в организм ингаляционным путём, количество вещества условно заменяется величиной, которую называют дозой и которая является произведением концентрации паров или аэрозолей в воздухе на время вдыхания зараженного воздуха (время экспозиции). Концентрация выражается количеством АХОВ в одном кубическом метре C (г/м³), (мг/м³).

Доза, вызывающая конкретный токсический эффект, называется токсодозой, и является характеристикой токсичности АХОВ. В связи с этим различают пороговую или минимальную токсодозу (PD), выводящую из строя или поражающую токсодозу (ID), а также смертельную (LD). Токсодозами удобно пользоваться для ориентировочной оценки токсичного действия АХОВ.

Обычно рассматриваются средние токсодозы и концентрации, которые характеризуют наступление токсических эффектов у 50% людей, подвергшихся воздействию АХОВ: PD_{50} , ID_{50} , LD_{50} , PC_{50} , IC_{50} , LC_{50} . Иногда применяют абсолютные токсодозы, вызывающие поражение у 100% подвергшихся воздействию. Наиболее употребительными значениями, характеризующими АХОВ по токсичности, являются: пороговая токсодоза PD_{50} , и концентрация PC_{50} , выводящая из строя токсодоза ID_{50} , и концентрация IC_{50} , а также смертельная токсодоза LD_{50} , и концентрация LC_{50} .

В результате аварии на ХОО при распространении первичного и вторичного облаков создается зона химического заражения — территория, в пределах которой проявляется поражающее действие АХОВ. Ее иногда представляют состоящей из зон чрезвычайно опасного заражения, опасного заражения и дискомфортной.

Для наглядного представления влияния исходных данных на основные параметры химического загрязнения ниже представлен граф зависимостей.

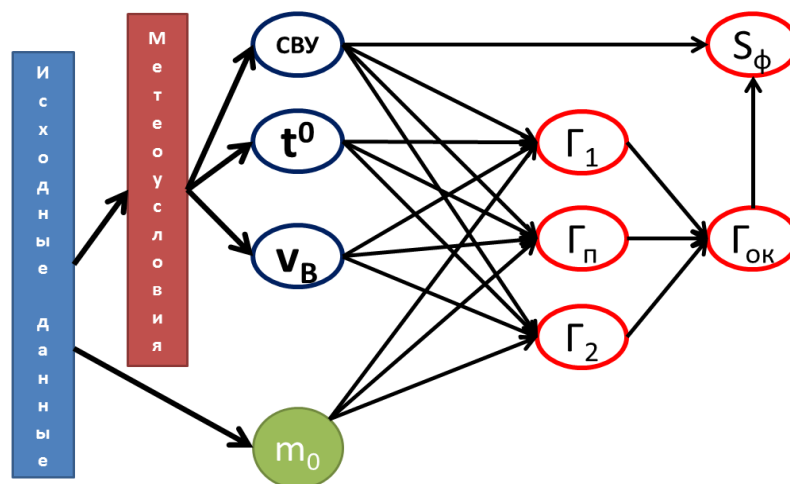


Рисунок 1. График влияния исходных данных на основные параметры зоны химического заражения

Основные характеристики зоны химического заражения при аварии на химически опасном объекте (ХОО) зависят от количества вещества, вышедшего в окружающее пространство, токсичности и физико-химических свойств АХОВ и от метеоусловий во время чрезвычайной ситуации. Токсичность АХОВ и метеоусловия, учитываемые в расчётах при авариях на ХОО, - температура воздуха, скорость ветра в приземном слое и степень вертикальной устойчивости воздуха (СВУ) влияют на эквивалентное количество вещества, образующего первичное и вторичное облако, на глубину распространения и переноса переднего фронта облака зараженного воздуха, и на площадь возможного и фактического заражения.[1]

Для количественной оценки влияния исходных данных на основные характеристики зоны химического заражения в соответствии с методикой оценки химической обстановки [1] были проведены расчёты с использованием программного обеспечения, разработанного в МГТУ им. Н.Э. Баумана.[2] В качестве примера выбраны два АХОВ, широко применяемых в промышленности (таблица 1) в случае аварии со свободным разливом на подстилающую поверхность.

Таблица 1. Физико-химические характеристики АХОВ

АХОВ	Плотность, t/m^3	Температура кипения, $^{\circ}C$	Токсичность по отношению к хлору	Масса, т
Аммиак, сжиженный газ под давлением	0,681	-33,42	0,04	20
Нитрил акриловой кислоты (НАК)	0,806	77,3	0,8	20

Влияние метеоусловий – степени вертикальной устойчивости воздуха, скорости ветра и температуры воздуха рассмотрено для аммиака. Результаты расчётов (таблица 2) показывает, что

доминирующим фактором влияния метеоусловий на глубину и площадь фактического заражения является степень вертикальной устойчивости воздуха. Наиболее неблагоприятные последствия заражения возникают при инверсии, скорости ветра 1 м/с и максимальной температуре воздуха.

Таблица 2. Влияние метеоусловий на распространение аммиака в атмосфере

Скорость ветра, м/с	СВУ	Глубина зоны заражения, км				Площадь фактического заражения, кв. км			
		Температура воздуха, °С				Температура воздуха, °С			
		0	10	20	30	0	10	20	30
1	инверсия	6,07	6,20	6,34	6,48	3,098	3,254	3,415	3,58
	изотермия	2,49	2,56	2,62	2,67	0,693	0,738	0,772	0,806
	конвекция	1,45	1,48	1,51	1,53	0,362	0,377	0,392	0,424
4	инверсия	2,89	2,91	3,00	3,05	0,455	0,474	0,493	0,513
	изотермия	1,41	1,44	1,46	1,49	0,149	0,157	0,168	0,174
	конвекция	0,80	0,81	0,82	0,84	0,073	0,079	0,081	0,084

При скорости ветра более 4 м/с в приземном слое воздуха наступает изотермия. Рассмотрим влияние одинаковых метеоусловий на характеристики зоны химического заражения для АХОВ, отличающихся токсичностью (таблица 3).

Таблица 3. Влияние метеоусловий на распространение АХОВ в атмосфере

Скорость ветра, м/с	АХОВ	Глубина зоны заражения, км				Площадь фактического заражения, кв. км			
		Температура воздуха, °С				Температура воздуха, °С			
		0	10	20	30	0	10	20	30
5	Аммиак	2,72	2,82	2,87	2,92	0,136	0,143	0,147	0,152
	НАК	8,95	9,55	10,0	10,66	1,367	1,570	1,713	1,950
7	Аммиак	2,68	2,72	2,76	2,92	0,108	0,113	0,116	0,120
	НАК	7,32	7,82	8,18	8,70	0,939	1,061	1,150	1,296

Результаты расчётов для АХОВ, отличающихся токсичностью, показывают, что для более токсичного вещества характеристики зоны заражения выше. Повышение температуры ведёт к росту параметров зоны заражения. В то же время, увеличение скорости ветра вызывает снижение глубины и площади фактического заражения, что, вероятно, обусловлено повышением интенсивности рассеивания паров АХОВ. Результаты, представленные в таблице 3 не вызывали сомнения с точки зрения интуитивно отмечаемой закономерности – чем токсичнее вещество, тем выше параметры зоны химического заражения при одинаковых метеоусловиях.

Однако графики изменения параметров (на примере площади фактического заражения) изначально потребовали комментариев.

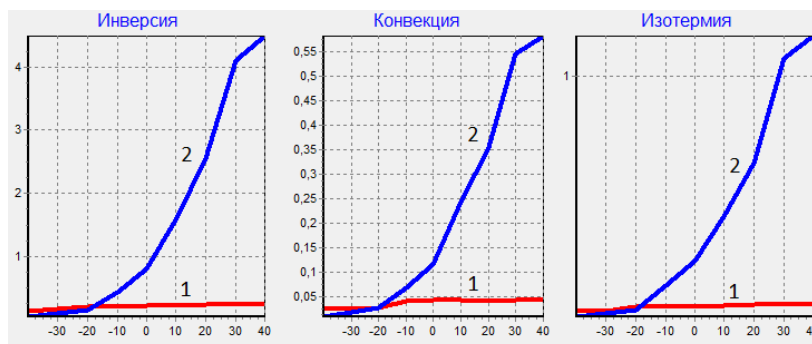


Рисунок 2. Площадь зоны фактического заражения (кв. км) (1 – Аммиак; 2 – Нитрил акриловой кислоты)

Так, при температуре -20°С для любой из степеней вертикальной устойчивости воздуха, явно просматривается скрещивание кривых, отображающих изменение площади зоны фактического заражения для аммиака (1) и нитрила акриловой кислоты (2). Это обусловлено различием в коэффициентах $K_{7в}$, учитывающего влияние температуры воздуха на образование вторичного облака. Тем самым в методике [1] неявно отражается влияние и физико-химических свойств каждого из АХОВ. Следует отметить, что отмеченные закономерности имеют место для довольно большого количества АХОВ в случае парного сравнения сжиженного газа и жидкого вещества в нормальных условиях.

Полученные в ходе исследования результаты и разработанное программное обеспечение оказались весьма привлекательными с точки зрения разработки методических материалов для изучения темы «Аварии на химически опасных объектах» дисциплины «Защита в чрезвычайных ситуациях и гражданская оборона».

Это обусловлено тем, что в технических вузах, за редким исключением, не изучаются вопросы распространения примеси (аэрозолей) в атмосфере. Возможность наглядного представления зависимостей в широком диапазоне исходных переменных повышает усвояемость изучаемого материала. Кроме того, разработанное программное обеспечение широко используется студентами МГТУ им. Н.Э. Баумана при выполнении рубежного контроля по изучаемой теме. В настоящее время рассматривается вопрос о создании лабораторной работы на кафедре «Экология и промышленная безопасность» на основе созданного программного обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. РД 52.04.253-90 Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте.

2. Кирсанов А.А. Программное обеспечение методики прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте (РД 52.04.253-90) / Студенческий научный вестник, сб. статей участников молодежной научно-инженерной выставки «Политехника» 21-24 октября 2011. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, с.83-99.