

Н.А. Рыбка

(Новомосковский институт повышения квалификации;
e-mail: nipk.ecolog@mail.ru)

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ С ВЫБРОСОМ (ПРОЛИВОМ) ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Предложен метод интегральной оценки последствий возможных аварий с выбросом (проливом) химически опасных веществ с учётом их свойств.

Ключевые слова: химически опасное вещество, выброс (пролив), масштабы и аварийные последствия, свойство вещества, интегральный показатель аварийности.

N.A. Rybka

ASSESSMENT OF CONSEQUENCES OF POSSIBLE ACCIDENTS WITH EMISSIONS (PASSAGE) OF CHEMICALLY DANGEROUS SUBSTANCES

The method of integral assessment of consequences of possible accidents with the emission (passage) of chemically dangerous substances based on their properties is offered.

Key words: chemically dangerous substance, emission (passage), scales and emergency consequences, property of substance, integrated indicator of accident rate.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 26 сентября 2013 г.

Последствия выхода **химически опасных веществ (ХОВ)** в окружающую среду зависят от их физических и физико-химических свойств. Эти свойства определяют масштабы, степень и время заражения, а также влияют на выбор средств и способов обеззараживания и мероприятий по защите людей. Оценка масштабов аварийного загрязнения элементов окружающей природной среды токсикантами и возможных последствий от этого представляет собой важную составную часть исследований, связанных с обеспечением безопасности населения и сохранности окружающей природной среды [1].

На одном и том же химически опасном объекте могут храниться и (или) эксплуатироваться одновременно несколько химически опасных веществ. В таком случае наибольших масштабов и аварийных последствий следует ожидать от возможной аварии с тем веществом, выброс (пролив) которого представляет наибольшую опасность для населения и окружающей среды [2]. Одним из способов оценки масштабов и последствий возможных аварийных выбросов химически опасных веществ может являться интегральная оценка свойств этих веществ.

Элемент, обобщающий или объединяющий свойства химически опасного вещества, назовем **интегральным показателем аварийности** этого вещества. Таким образом, каждое химически опасное вещество будет иметь свой интегральный показатель аварийности A_j . Интегральная оценка проводится эксперт-

ным методом. Для проведения расчётов по вышеуказанной методике необходима группа экспертов. Экспертом может быть специалист, обладающий научными или практическими познаниями по рассматриваемому вопросу.

Допустим, на некотором промышленном объекте эксплуатируются и (или) хранятся, транспортируются сразу несколько химически опасных веществ. Транспортирование этих веществ может осуществляться трубопроводным способом между цехами и складами. Актуальной является задача определения показателей аварийности всех химически опасных веществ, находящихся на заданном объекте. При выбросе (проливе) вещества, имеющего наибольший показатель аварийности, аварийные масштабы и последствия будут наибольшими.

В качестве свойств интегрального показателя аварийности будем использовать следующие характеристики веществ:

1. **Предельно допустимые суточные концентрации.** Чем больше предельно допустимые концентрации, тем менее опасно вещество, поэтому в расчёте будем использовать обратные значения.

2. **Массу** выброшенного вещества.

3. **Плотность**, которая влияет на распространение вещества в атмосфере и на местности. Если газообразные и парообразные вещества имеют плотность паров более 1, то вещество тяжелее воздуха (что довольно часто), концентрация вещества будет максимальной у поверхности земли, уменьшаясь по высоте. При этом будет относительно большая продолжительность заражения, возможны застои газов и паров в низинах, подвалах. Жидкие химические вещества, имеющие плотность выше, чем вода, в случае их плохой растворимости в воде, при попадании в водоемы будут опускаться на дно [3].

4. **Токсичность** вещества. Если вещество токсично, значение свойства в расчёте приравнивается 1, если же наоборот, значение свойства обнуляется.

5. **Пожаровзрывоопасность** вещества. Оценивается аналогично с токсичностью.

6. **Пороговая токсодоза.** Чем больше величина пороговой токсодозы, тем менее опасно вещество, поэтому в расчёте будем использовать обратные величины.

7. **Растворимость.** От растворимости могут зависеть последствия аварий, а также выбор методов и средств дегазации (обеззараживания). В расчёте будем рассматривать способность веществ растворяться в воде. Вещества, хорошо растворимые в воде, могут заражать водоемы настолько, что вода станет непригодной не только для приготовления пищи и гигиенических потребностей, но и для технических целей. Подобные вещества вызывают и заражение почвы на достаточно большую глубину. Способность вещества растворяться в воде обеспечивает их быстрое распространение кровотоком по всему организму, вызывая его общее поражение [3]. В связи с чем, будем считать, что чем больше растворимость вещества, тем больше будут масштабы и последствия возможной аварии. В расчёте для вещества, нерастворимого в воде, значение свойства принимается равным 0, практически нерастворимого – 1, малорастворимого – 2, хорошо растворимого – 3.

8. Летучесть – способность переходить в парообразное состояние. Определяет последствия заражения: вещества с низкой летучестью требуют проведения дегазационных мер. Вещества, обладающие высокой летучестью, при высокой температуре окружающего воздуха могут дегазироваться естественно [3]. Таким образом, чем меньше летучесть вещества, тем больше масштабы и последствия возможной аварии. Значения этого свойства для веществ, обладающих низкой летучестью – 1, высокой летучестью – 0.

9. Вязкость – свойство жидких и газообразных сред оказывать сопротивление их течению, то есть перемещению одного слоя относительно другого под действием внешних сил. Вязкость влияет на характер изменений вещества в аварийной ситуации (характер дробления, впитывания и др.) [3]. Вязкость прямо пропорциональна плотности вещества. Чем больше вязкость вещества, тем больше продолжительность и масштабы заражения. С повышением температуры вязкость газов увеличивается, поскольку она обусловлена интенсивностью теплового движения. Вязкость жидкостей с повышением температуры уменьшается благодаря снижению энергии межмолекулярных взаимодействий, препятствующих перемещению молекул.

Каждому свойству вещества эксперты присваивают значение весового коэффициента значимости w_k (наиболее значимое свойство оценивается наибольшим значением весового коэффициента), из расчёта, что сумма значений весовых коэффициентов всех свойств вещества равна 1.

Проведём интегральную оценку рассматриваемых веществ. Сформируем матрицу $Y = [y_{ij}]$, ($i = 1 \dots n$, $j = 1 \dots m$), где n – число веществ на рассматриваемом объекте; m – количество свойств вещества:

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nm} \end{bmatrix}.$$

В силу того, что интегральный показатель аварийности является суммой значений различных свойств, которые разнородны и отличаются видом размерности, то необходимо провести нормирование этих значений по максимальному значению среди всех исследуемых веществ [4]. После чего матрица Y принимает вид матрицы $Y_{норм}$:

$$Y_{норм} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1j} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{i1} & y_{i2} & \dots & y_{ij} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{y_{11}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{12}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{1j}}{\max y_{ij}} \\ \frac{y_{21}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{22}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{2j}}{\max y_{ij}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{y_{i1}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{i2}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{ij}}{\max y_{ij}} \end{bmatrix}.$$

Формируем вектор-столбец $w = [w_k]$, ($k = 1 \dots m$) коэффициентов значимости свойств химически опасного вещества:

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_m \end{bmatrix}.$$

Рассчитаем интегральный показатель аварийности каждого химически опасного вещества A_i , исходя из того, что

$$A_i = \begin{bmatrix} \frac{y_{11}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{12}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{1j}}{\max y_{ij}} \\ \frac{y_{21}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{22}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{2j}}{\max y_{ij}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{y_{i1}}{\max y_{ij}} & \frac{y_{i2}}{\max y_{ij}} & \dots & \frac{y_{ij}}{\max y_{ij}} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_m \end{bmatrix}.$$

Определив вещество, представляющее наибольшую опасность для окружающей среды и населения, экспертная группа составляет сценарии возможных аварий, выбирает оптимальные планы по предупреждению и ликвидации последствий аварий с выбросом химически опасных веществ, предварительно распределяет ответственность между различными уполномоченными органами.

Следует иметь в виду, что возможная авария может происходить по одному из следующих сценариев:

1. Полное разрушение оборудования, содержащего опасное вещество в газообразном состоянии.
2. Нарушение герметичности (частичное разрушение) оборудования, содержащего опасное вещество в газообразном состоянии.
3. Полное разрушение оборудования, содержащего опасное вещество в жидком состоянии.
4. Нарушение герметичности (частичное разрушение) оборудования, содержащего опасное вещество в жидком состоянии.

По сценариям 1 и 3 опасное вещество мгновенно поступает в окружающую среду; по сценариям 2 и 4 опасное вещество поступает в окружающую среду через отверстие площадью S в течение продолжительного времени. Сценарии 1 и 3 применимы только к емкостному оборудованию, сценарии 2 и 4 – как к емкостному оборудованию, так и к трубопроводам [5].

При прогнозировании наибольших аварийных масштабов и последствий возможной аварии в качестве исходных данных будем принимать:

- сценарий с полным разрушением ёмкости (технологической, складской, транспортной и др.), содержащей вещество в максимальном количестве;
- сценарий "гилютинного" разрыва трубопровода с максимальным расходом при максимальной длительности выброса;
- метеорологические условия, способствующие наибольшему заражению окружающей среды и (или) массовому отравлению людей.

Разработанная автором статьи методика может найти свое применение не только для уже существующих химически опасных объектов, но и для тех объектов, которые находятся еще на стадии разработки проектной документации. Результаты расчётов можно учитывать при:

- анализе риска аварий на химически опасных объектах;
- разработке планов локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- разработке инженерно-технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации последствий аварий, сопровождающихся выбросом опасных веществ;
- разработке мероприятий по защите персонала и населения от возможных аварий;
- оценке воздействия аварийных выбросов опасных веществ на окружающую среду.

Кроме этого, для действующих объектов возможно использование метода интегральной оценки в рамках проведения внутреннего и внешнего экологического аудита, результатами которого могут стать новые управленческие решения по минимизации масштабов и последствий аварийных ситуаций с выбросом (притоком) химически опасных веществ.

Литература

1. *Горский В.Г., Моткин Г.А., Петрунин В.А. и др.* Научно-методические аспекты
2. *Рыбка Н.А.* Методика оценки масштабов и последствий химических аварий // Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности". 2013. № 2. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
3. *Фалеев М.И.* Защита населения и территорий в ЧС: учебное пособие. Калуга. 2001. С. 27-28.
4. *Зуйкова А.А., Панарин В.М., Павпертов В.Г.* Интегральный показатель опасности химического объекта и классификация объектов по степени опасности // Матер. 3-й науч.-практ. конф. "Современные проблемы экологии и рационального природопользования". Тула, 2003. С. 58-61.
5. *Приказ* Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 14 декабря 2007 г. № 859 "Об утверждении и введении в действие Методических указаний по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ".