

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Полуянов В. П. д-р хим. наук, проф.  
Харьковский институт экологии и социальной защиты

## ФАКТОРЫ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ПРИ АВАРИЯХ И КАТАСТРОФАХ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

[zchs@intbel.ru](mailto:zchs@intbel.ru)

*В данной статье рассматриваются факторы риска при авариях и катастрофах на потенциально опасных объектах. Автор подробно описывает все виды аварий на объектах и дает классификацию предприятий по химической опасности. Изложена схема формирования информационной технологии управления риском при техногенных воздействиях.*

*Ключевые слова:* риск, аварии, катастрофы, информационная технология, химически опасный объект.

В настоящее время усилиями ученых и специалистов, работающих в сфере обеспечения безопасности, все в большей степени внедряются в жизнь идеи количественной оценки возникающих опасностей и научного обоснования решений по их снижению.

Достаточно серьезное развитие получила теория риска, приобрели высокую практическую значимость вопросы, связанные с обоснованием целесообразных мер и действий по снижению уровней аварий и катастроф.

Проблема снижения рисков и уменьшения масштабов чрезвычайных ситуаций относится к приоритетной сфере обеспечения национальной безопасности.

Уровень риска возникновения тех или иных негативных событий, в частности аварий, катастроф и ожидаемого при этом ущерба выступает в качестве основного показателя степени безопасности объекта.

Химически опасными являются практически все объекты, на которых в той или иной мере применяются химические технологии.

Прежде всего это химические, нефтехимические и подобные им заводы, где осуществляется переработка нефти и нефтепродуктов, получение, использование и хранение аварийно химически опасных веществ, а также предприятия, на которых применяются вредные химические вещества в технологических процессах.

В настоящее время номенклатура продукции, выпускаемой химическим заводом с передовой технологией, обеспечивающей комплексную переработку сырья, включает тысячи различных материалов и веществ, многие из которых чрезвычайно токсичны или ядовиты. Опасность химических предприятий для человека и

окружающей среды при возникновении аварий является очевидна. Можно привести много примеров крупных аварий на химически опасных объектах. Авария сопровождалась утечкой опасного химического вещества и привела к заражению значительной территории завода и за ее пределами. В результате чего пострадало большое количество людей и животных.

Масштабы последствий аварии оказались огромными в силу ряда обстоятельств: ночное время суток, когда произошла авария; перенаселенность окрестностей предприятий; трущобный тип застройки районов проживания населения; отсутствие среды защиты и нехватка медицинских учреждений.

Сегодня большинство промышленных объектов во всем мире являются объектами химического риска. Любая авария промышленного объекта, где сырье, промежуточные продукты, продукция предприятия и отходы производства, вовлекаясь в аварийный процесс, создают поражающие факторы для населения и окружающей среды, и уровень химического риска характеризуются достаточно высокими значениями.

Под опасными веществами обычно понимаются индивидуальные вещества (соединения) природного или искусственного происхождения, способные в условиях производства, применения, транспортировки, переработки, а также в бытовых условиях оказывать не благоприятное воздействие на здоровье человека и на окружающую природную среду [7]. Эти вещества могут иметь не только химическую, но и биологическую природу.

Факторы риска химически опасных объектов, их особенности и количественная оценка имеют важное значение в решении задач по пре-

дупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Особенно это касается подготовки и выбора оптимальных управленческих решений в сфере защиты населения и территории.

Опасность и риск объектов с химической технологией для человека и окружающей среды может проявляться при нормальном регламентированном их функционировании. Это связано с технологическими выбросами, сбросами, а также утечками опасных веществ.

При авариях на химически опасных объектах поражение людей в большинстве случаев обусловливается попаданием опасных химических веществ внутрь организма, главным образом ингаляционным путем.

Химические соединения, способны вызывать острые и хронические интоксикации.

Опасные химические вещества, способные легко переходить в аварийных ситуациях в физико-химическое состояние, соответствующее их наибольшему поражающему действию, вызывать массовые поражения людей.

К числу опасных химических веществ отнесены боевые отравляющие вещества (БОВ), аварийно химические опасные вещества (АХОВ), а также вещества, вызывающие преимущественно хронические заболевания.

Аварийно химические опасные вещества (АХОВ) могут храниться в резервуарах под высоким давлением. В этом случае давление, на которое рассчитывается резервуар, соответствует давлению паров продукта над жидкостью при максимальной температуре окружающей среды. Для хранения опасных веществ используются изотермические хранилища при давлении близком к атмосферному или при давлении до 1 Па. При таком способе хранения емкости искусственно охлаждаются. Известно, чем ниже температура, тем меньше давление паров. Аммиак, охлажденный до температуры минус 33,4 °С, будет иметь давление паров, близкое к атмосферному. Для пропана эта температура составляет минус 42 °С. Высококипящие химические опасные вещества могут храниться при температуре окружающей среды в закрытых емкостях.

Емкость резервуаров может быть различной. Например, хлор хранится в резервуарах вместимостью от 1 до 1000 т, аммиак - от 5 до 30 000 т, сероуглерод - от 1 до 100 т.

Наземные резервуары, как правило, располагаются группами. По периметру территории, где они располагаются, предусматривается обваловывание или ограждения из устойчивых материалов [6].

При разрушении оболочки емкости с последующим разливом большого количества химически опасного вещества в поддон (обвалов-

ку) в дальнейшем, в течение достаточно длительного отрезка времени, может происходить его испарение и распространение в атмосфере. В этом процессе принято условно выделять три периода:

- бурное испарение основной части вылившегося опасного вещества за счет разности упругости насыщенных его паров в емкости и их парциального давления в воздухе. При этом формируется облако с значительно превышающими предельно допустимыми концентрациями. Такое облако обычно называют первичным;

- неустойчивое испарение химических веществ за счет тепла, поступающего от поддона (обваловки), притока тепла извне и изменения теплосодержания жидкости;

- длительный по времени (часы, сутки и более) период стационарного процесса испарения веществ за счет тепла окружающего воздуха.

При аварии с разрушением оболочки изотермического хранилища, сопровождающимся разливом в поддон (обваловку) большого количества аварийно химически опасных веществ происходит их испарение. Первичное облако зараженного воздуха формируется за счет быстрого испарения. Количество химически опасных веществ, участвующего в образовании первичного облака в летнее время не превышает - 5 %.

Первичное облако не формируется при аварийном вскрытии оболочек с опасными веществами, представляющими высоко кипящие жидкости.

Все виды аварий на объектах связанные с выбросами и проливами химических веществ, сопровождаются образованием вторичного облака, за счет испарения с площади поверхности зеркала пролива.

Следовательно, основными факторами риска при авариях на химически опасных объектах являются:

- первичное облако загрязненного воздуха, практически мгновенно формируется в зоне выброса или пролива химического вещества и распространяется в приземном слое атмосферы по ветру;

- вторичное облако загрязненного воздуха, формируется за счет стационарного, достаточно длительного по времени испарения выброшенного или пролитого вещества.

Основными параметрами, характеризующими эти факторы риска, являются: концентрация веществ в облаке в точке воздействия на человека и объекты окружающей среды; интеграл концентрации  $I_K$  за время прохождения первичного облака или за определенное время их экс-

позиции в период действия вторичного облака, т. е. величина равная:

$$I_K = \int_{t_1}^{t_2} C(t) dt$$

где:  $C(t)$  - концентрация аварийных химических опасных веществ.

К числу рассматриваемых характеристик относятся геометрические и временные параметры, в частности размеры и глубина распространения первичного и вторичного облаков, время действия вторичного облака, время подхода первичного и вторичного облаков к объекту поражения и др.

Объекты, где производятся, перерабатываются, используются, транспортируются, хранятся или удаляются аварийно химически опасные вещества принято классифицировать по степени опасности для населения и территорий. Такая классификация, по степени химической опасности в зависимости от принятых критериев [1], приведена в таблице 1.

Таблица 1

#### Классификация предприятий по химической опасности

| Степени химической опасности объектов | Количество человек, попадающих в зону химического заражения при аварии |
|---------------------------------------|--|
| I                                     | Более 75 тыс. человек  |
| II                                    | От 40 до 75 тыс. человек   |
| III                                   | Менее 40 тыс. человек  |
| IV                                    | Оценке не подлежит   |

Зона возможного заражения АХОВ при аварии не выходит за пределы территории объекта или его санитарно-защитной зоны.

Безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, продуктов производства, характера технологического процесса, конструкции и надёжности оборудования, условий хранения и транспортирования химических веществ, наличия и состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т. д.

В целом чрезвычайные ситуации, обусловленные выбросом (разливом) аварийно химически опасных веществ, подразделяются на три типа:

- с образованием только первичного облака;

- с образованием первичного и вторичного облака;

- с заражением окружающей среды (грунта, водоисточников, технологического оборудования и т. д.) высококипящими жидкостями и твердыми веществами без образования первичного и вторичного облака.

Большинство химических веществ при аварийных ситуациях сравнительно легко переходят из одного агрегатного состояния в другое, чаще всего из жидкого в парообразное (газообразное), из твердого в аэрозольное и наносят массовые поражения людям, животным и растениям.

Возможный выход облака зараженного воздуха за пределы территории химически опасного объекта, в случае аварии на нем, обуславливает химическую опасность для административно-территориальной единицы, где такой объект расположен.

Основным критерием для отнесения административно-территориальной единицы к той или иной степени опасности [1] в этом случае является процент населения, проживающего в зоне возможного заражения в случае аварии на химически опасном объекте (табл. 2).

Таблица 2

#### Классификация административно-территориальных единиц по химической опасности

| Степень химической опасности | Количество населения, проживающего в зоне возможного заражения, % |
|------------------------------|---|
| I                            | Более 50  |
| II                           | 30-50   |
| III                          | 10-30   |
| IV                           | До 10   |

Важнейшей характеристикой аварийных химических опасных веществ является их токсичность, под которой понимается способность вещества оказывать вредное воздействие на организм человека, животных и растений.

Несмотря на предпринимаемые меры в области промышленной безопасности полностью исключить вероятность возникновения аварии практически невозможно.

В большинстве случаев аварии вызываются нарушением технологии производства, правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов, низкой трудовой и технологической дисциплиной, несоблюдением норм безопасности, отсутствием должного надзора за состоянием обо-

рудования. Одна из возможных причин аварий - стихийные бедствия.

Аварии на химически опасных объектах по типу возникновения делятся на производственные и транспортные, при которых нарушается герметичность емкостей и трубопроводов.

По масштабам последствий химические аварии имеют свою специфическую классификацию:

- **локальные** - последствия которых ограничиваются одним цехом (агрегатом, сооружением) химически опасного объекта;

- **местные** - последствия которых ограничиваются производственной площадкой химически опасного объекта или его санитарно-защитной зоной;

- **общие** - последствия которых распространяются за пределы санитарно-защитной зоны химически опасного объекта.

По сфере возникновения химические аварии классифицируются на:

- аварии на хранилищах опасных веществ;

- аварии при ведении технологических процессов (возможные источники заражения - технологические емкости и реакционная аппаратура);

- аварии при транспортировке опасных веществ по трубопроводу или железнодорожными цистернами по территории объекта.

В таких авариях выделяют 4 фазы [1]:

1. инициирование аварии;
2. развитие аварии;
3. выход последствий аварии за пределы объекта;
4. локализация и ликвидация последствий аварии.

Следует отметить, что вторая фаза развития химических аварий оказывает определяющее влияние на масштабы последствий аварии, так как от особенностей попадания химически опасных веществ в атмосферу зависят дальность распространения газовой волны и время поражающего действия.

Особенности попадания отравляющих веществ в атмосферу определяются условиями его содержания в возможном источнике заражения и характером повреждения последнего [1].

Информационная технология - совокупность методов, способов и процедур формирования, хранения, обработки и потребления сведений определенной организационно-технической или иной структурой с использованием выбранного комплекса техники и электронно-вычислительных средств.

Развитие современной информационной технологии неразрывно связано с применением

вычислительной техники и информационно-измерительных систем.

Фундаментальным компонентом современной информационной технологии является аналитическая деятельность с максимально возможным применением человеко-машинных процедур.

Основу новой информационной технологии составляют распределенная компьютерная техника, программное обеспечение и развитые коммуникации. Компьютеры дают возможность человеку повысить эффективность управления за счет увеличения или расширения объема, надежности и скорости выполнения операций по обращению с информацией.

Существуют две стратегии внедрения информационной технологии в ту или иную организационно-техническую структуру. В первой стратегии информационная технология приспособляется к указанной структуре без ее изменения и предусматривается локальная модернизация сложившихся методов управления. Вторая - организационно-техническая структура рационализируется исходя из возможности достижения максимальной эффективности технологии.

Смысл и содержание любого процесса управления непосредственно связан с той предметной областью, в которой он осуществляется. К предметной области управления безопасностью и риском аварий на техногенно опасных объектах следует отнести: объекты, являющиеся источниками и реципиентами техногенной опасности и риска; персонал опасных объектов и население; социально-экономические, управленческие, мониторинговые и контрольные структуры и системы, взаимосвязи и отношения между упомянутыми объектами и структурами, а также явления и процессы, в том числе геофизические, которые обуславливают возникновение и формирование факторов техногенного воздействия и риска.

Модель рассматриваемой предметной области может быть названа концептуальной частью базы знаний управления риском при рассматриваемых техногенных воздействиях. Составными элементами являются базы данных и алгоритмы решений управленческих задач. Если в информационной технологии предусматривается использование ЭВМ, то в состав базы знаний включается и прикладное программное обеспечение.

В структуре информационно-управляющей технологии гражданской защиты могут быть выделены две основные компоненты: функциональная и опорная [5].

База знаний, играет весьма важную роль в обеспечении анализа, оценки фактической и

прогнозной информации о техногенной, экологической и общей обстановке.

Прикладное программное обеспечение следует интерпретировать как совокупность алгоритмов и машинных программ, описывающих процессы и явления, в аналитическом или ином виде выражающих законы и закономерности с рассмотрением предметной области.

База знаний наполняет соответствующие структурные элементы и модели предметной области конкретным содержанием и обеспечивает проведение необходимых расчетов, оценок и анализа.

Опорная компонента информационно-управленческой технологии является основой для автоматизированной переработки информации и строится с использованием современных информационных технологий и типовых элементов автоматизированных систем [3].

Компоненты информационно-управленческой технологии рассматриваются как единое целое. Наложение базы знаний из сферы гражданской защиты на опорную, базовую информационную технологию, дает возможность сконструировать эффективную технологию переработки информации и выработать оптимальные варианты управленческих решений по защите населения и территорий, предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Необходимость в построении и картировании вероятностных полей опасности возникает при решении практических задач с использованием результатов оценки техногенного и экологического рисков.

В этом случае должны приниматься во внимание все без исключения факторы техногенного воздействия. Однако в практике чаще обращаются к построению полей химической опасности и риска для наиболее характерных сценариев развития техногенных аварий и катастроф.

Смысл построения и картирования вероятностных полей потенциальной опасности техногенных аварий и катастроф состоит в определении расчетным путем вероятности появления того или иного вида ущерба, обусловленного факторами риска в случае химически опасного объекта, а также распространением при аварии вредных веществ или иных субстанций для всех точек на рассматриваемой территории.

Делая расчет, необходимо опираться на определенные с учетом законов турбулентной диффузии в атмосфере, зоны ущерба для различных ее состояний устойчивости и скорости ветра, исходить из вероятностной природы параметров ветра и обусловленной этим вероятно-

стой картины формирования зон загрязнения территории [4].

Формула используемая для расчетов вероятности нанесения ущерба при техногенном воздействии одного источника  $Rr, \theta$  имеет вид:

$$R_{r, \theta} = R \sum_{m=1}^M \left\{ \sum_{n=1}^N P_{mn} \left[ \sum_{q=1}^Q P_q(u) \frac{F_{mn}(r, \theta)}{\Pi_m(r)} \right] \frac{M}{2\pi} \right\},$$

где  $R$  вероятность того, что рассматриваемая техногенная авария или катастрофа произойдет;

$M, m$  количество секторов, на которое разбита плоскость;

$N, n$  количество интервалов величины скорости ветра, на которое разбивается шкала скорости;

$P_{mn}$  вероятность реализации величины скорости ветра в интервале  $n$  в секторе  $m$ ;

$Q, q$  количество классов устойчивости атмосферы и его номер соответственно;  $P_q(u)$  - вероятность реализации того или иного класса устойчивости атмосферы, по Паскуиллу;

$F_{mn}(r, \theta)$  ширина зоны ущерба в точке  $(r, \theta)$ , рассчитанная для интервала скоростей ветра  $n$  и сектора  $m$ ;

$\Pi_m(r)$  ширина сектора  $m$  на расстоянии  $r$  от центра аварийного объекта.

Проводя вычисления, вначале необходимо делать суммирование по классам устойчивости атмосферы и заданной скорости ветра, а затем по градациям скорости ветра и секторам.

По данной методологии могут быть проведены расчеты для всех возможных сценариев развития аварий на опасных объектах, которые находятся на рассматриваемой территории и за ее пределами.

Могут возникнуть трудности с определением размеров и конфигураций зон различных видов ущерба.

Поля потенциальных ущербов различного вида для данной территории с учетом всех возможных источников опасности характеризуют интегральные вероятности тех или иных негативных воздействий. Они наносятся на карту территории, которая используется в практической деятельности [2].

По причине независимости полей ущерба для каждого объекта можно получить оценку влияния аварий одного объекта на другие. Это особенно важно для сценариев со взрывами и пожарами, поскольку для таких случаев весьма вероятно каскадное развитие событий.

Если в качестве ущерба рассматривается гибель людей, то величину риска, которому подвергается человек в конкретной точке, принято называть индивидуальным риском.

Величина индивидуального риска не зависит от распределения населения по рассматриваемой территории. Она отражает лишь уровень потенциальной опасности.

Чтобы определить абсолютный риск для населения, проживающего на данной территории и провести дифференцированную оценку опасности, необходимо знать пространственно-временное распределение людей.

В этом случае возможно оценить величину коллективного техногенного риска для всего населения территории или отдельных его групп.

Данные предложения методологического характера нуждаются в развитии с учетом конкретных сфер применения. Подходы к построению полей потенциальной опасности и риска не всегда будут одинаковыми. При оценке возможности и целесообразности развития хозяйственной деятельности правомерен один подход, а решение задач в интересах обоснований по строительству опасного объекта - другой.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *Владимиров, В.А.* Катастрофы и экология / В.А. Владимирова, В.И. Измалков. - М.: БГТУ, 2000. - 379 с.

2. *Владимиров, В.А.* - / . . . - // - « », 2002. - 184 с.

3. *Данилевский, Ю.Г.* - / . . . - , 1988. - 284 с.

4. *Маршалл, В.И.* - / . . . - « », 1989. - 672 с.

5. *Свиреденко, С.С.* - / . . . - « ». 1989. - 304 с.

6. *Софронов, В.С.* - / . . . - « », 1996. - 208 с.

7. *Хенли, Э.Дж.* - / . . . - // . - « », 1984. - 528 с.