

# Техносферный риск-менеджмент селитебных зон


**В.Л. Романовский**

*к.т.н., профессор  
кафедры  
промышленной  
и экологической  
безопасности  
КНИТУ-КАИ;  
г. Казань*


**Е.В. Муравьева**

*д.п.н., профессор,  
зав. кафедрой  
промышленной  
и экологической  
безопасности  
КНИТУ КАИ;  
г. Казань*


**А.В. Кузьмин**

*полковник полиции,  
начальник  
организационно-  
аналитического  
отдела Управления  
ГИБДД МВД  
по Республике  
Татарстан; г. Казань*


**Д.Ш. Сибгатуллина**

*начальник отдела  
природной  
и техногенной  
безопасности МЧС РТ;  
г. Казань*

Технические характеристики все более усложняющихся систем плохо согласуются с возможностями человека. Нередки случаи, когда человеческий фактор, во многих случаях играющий определяющую роль в функционировании систем, начинают принимать во внимание только в процессе их эксплуатации, а на этапе проектирования не выполняются самые элементарные требования по учету характеристик и свойств человека. Недооценка этого фактора существенно снижает надежность функционирования селитебных техногенных систем. Создалось положение, когда одно из важнейших звеньев остается в стороне от внимания разработчиков, что негативно сказывается на прогнозах функционирования селитебных зон.

Город – это сложная, динамическая, нелинейная система, наполненная всевозможными опасностями. Опасности воздействуют на все элементы этой системы, и необходимо выявлять и отслеживать процессы, способствующие перерастанию опасностей в угрозы, т.е. проводить исследования, в данном случае, «урбанистических рисков» и учиться управлять ими.

Авторы считают, что для эффективного функционирования системы управления техногенными угрозами на муниципальном уровне с учетом их взаимного влияния необходим анализ рисков системного и каскадного межведомственного характера.

Прикладная техносферная рискология позволяет учитывать в риск-менеджменте селитебных зон не только техногенные и природные, но также и антропогенные риски, что значительно уточняет прогноз и позволяет принять более адекватные превентивные меры.

Паспорта безопасности территорий предназначены для оценки возникновения ЧС, их последствий для населения, территории, объекта и персонала, а также для разработки мероприятий по снижению риска и ослаблению вредных последствий при чрезвычайной ситуации на территории, оценки готовности к ликвидации ЧС и т.д.

В целом, паспорт безопасности территории (согласно типовому паспорту) представляет собой собрание паспортов безопасности опасных объектов, расположенных на соответствующей



территории. И лишь фраза в требованиях к структуре расчетно-пояснительной записки, прилагаемой к паспорту безопасности территории: «...результаты оценки риска чрезвычайных ситуаций, включая чрезвычайные ситуации, источниками которых могут явиться аварии или чрезвычайные ситуации на объектах, расположенных на территории, транспортные коммуникации, а также природные явления», – говорит о том, что необходимо рассматривать синергизм экологических и техносферных рисков. Это привело к своеобразному дуализму: с одной стороны, организации предлагают свои услуги по разработке паспортов безопасности территорий, а с другой – приглашают к сотрудничеству в исследованиях и создании методического аппарата в целях разработки этих паспортов [7, 8]. По сути дела, подразумевается: делаем, но надо делать несколько иначе.

Основные сложности при разработке паспортов безопасности связаны с анализом риска возможных ЧС и прогнозом ущерба [8]. Непосредственно паспорт – это лишь несколько страниц, но расчетно-пояснительная записка к нему – доскональный многостраничный документ [9].

Судя по всему, разработка паспортов безопасности территорий идет сложно, и причин тому – объективных и субъективных – достаточно. Начнем с субъективных, они проще и понятнее. Поинтересуйтесь стоимостью услуг по разработке паспортов безопасности территорий, и многое прояснится: и «засекреченность методик», и небольшое число организаций, «способных выполнить разработку паспорта». Последнее, в сочетании с огромным числом потенциальных владельцев паспортов и необходимостью совершенствования риск-анализа, является уже объективной причиной сложившейся ситуации.

Территория – это не только место функционирования потенциально опасных объектов, но и пространство, где собраны в некую единую систему объекты промышленности, инфраструктуры, сельское хозяйство, транспорт, население, растительный и животный мир, почва, вода, воздух и многое другое. Территория – это часть биосферы, куда вклинилась техносфера с ее вкраплениями потенциально опасных объектов. Несомненно, что от них исходит очевидная опасность. Но опасности могут провоцироваться всеми компонентами сложной системы под названием «территория», могут образовываться сложные взаимодействия причин и последствий возможных чрезвычайных ситуаций с различными конечными итогами, зависящими к тому же и от сопутствующих обстоятельств. Поэтому создавать паспорт безопасности территории лишь

на основе паспортов безопасности опасных объектов, расположенных на ней, нельзя. Очевидна необходимость более скрупулезного подхода к рассмотрению вопросов безопасного функционирования таких сложных эколого-техносферных систем, коими территории и являются. Складывающаяся обстановка в связи с возрастающим количеством чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, увеличением их масштабов требует принятия мер по совершенствованию управления безопасностью.

Техногенные угрозы в настоящее время приобретают комплексный характер. Объект или субъект подвергается воздействию нескольких факторов сразу, что намного опаснее, чем независимое воздействие этих же факторов [11].

К особенностям современных чрезвычайных ситуаций и негативных воздействий относится и то, что последствия реализовавшихся опасностей могут сохраняться длительное время и влиять на несколько поколений людей. Все это приводит к необходимости осмысленного и разумного подхода к анализу комплексных территориальных рисков, характеризующих реальное состояние безопасности населения и окружающей среды в каждом конкретном регионе.

Любой живой организм реагирует на изменение окружающей среды, на внешние воздействия. Ему свойственны обратные связи – как отрицательные, так и положительные. Первый тип обратных связей обеспечивает стабильность функционирования организма. Положительные обратные связи содействуют поддержанию нужного уровня изменчивости, помогают организму найти новые «локальные экстремумы» своего поведения, новые способы использования внешней энергии и материи [12].

Антропогенное воздействие на биоту имеет важные особенности [13]: нелинейность дозового эффекта различных чуждых веществ или излучений на биологические системы, т.е., как правило, действие малых доз зачастую является несоразмерно сильным; кумулятивный эффект любых долговременных воздействий на природные объекты (организмы, экосистемы и пр.), т.е. существенное увеличение и накопление действия со временем, зачастую приводящее к резким качественным изменениям вследствие суммирования слабых количественных сдвигов; синергетическое (совместное) действие различных факторов среды на живое, которое нередко приводит к неожиданным эффектам, не являющимся суммой ответов на оказанные действия.

Все эти особенности свойственны и техническим системам (мелкие отказы могут в итоге

провоцировать значительные последствия; накопление скрытых повреждений, старение материалов, усталостные динамические процессы в конструкциях могут приводить к резким качественным изменениям; совместное действие различных факторов в зависимости от их сочетания и последовательности воздействия может приводить к различным последствиям; индивидуальные различия даже однотипных технических систем в силу возраста и особенностей эксплуатации к действию факторов среды; то или иное воздействие, «нашедшее» уязвимое звено в технической системе, может привести к цепной реакции отказов и т.д.). Характерной особенностью синергетических процессов, помимо взаимоусиления негативных эффектов, является некоторое запаздывание во времени их проявления по сравнению с возбуждающим фактором-процессом [14].

Говоря о безопасности территорий, не надо забывать, что они относятся, с термодинамической точки зрения, к открытым системам, поскольку в принципе их нельзя оградить от перетоков массы, энергии и информации, которые в свою очередь могут являться как стабилизирующими, так и дестабилизирующими факторами уровня безопасности.

При анализе и оценке рисков необходимо учитывать и различать потенциальную и ситуационную опасности [16]. Потенциальная опасность – это возможность реализации цепочки событий, приводящей к нежелательным последствиям. От того, в какой, на данный момент времени, ситуации это будет происходить, зависит степень тяжести последствий. Ситуация, способствующая в той или иной мере развитию подобных событий, и есть ситуационная опасность. Возможно и совершенно противоположное развитие событий – от мгновенного защищающего реагирования на реализацию потенциальной опасности до провоцирующего тяжелые последствия.

Наличие ситуационной опасности является дестабилизирующим фактором, влияющим на безопасность людей, среду обитания и экономику. В этой связи необходим более полный анализ и учет формирующих ситуационную опасность факторов (антропогенного, природного или комбинированного характера) с целью обеспечения организации процесса управления ими. Сказанное еще раз напоминает, что системообразующие компоненты территорий находятся между собой в сложных, постоянно меняющихся и порою неопределенных отношениях. Что касается создания паспорта безопасности территории, необходимо либо более четко определиться с требованиями к содержанию расчетно-пояснительной записки (разработать и узаконить понятие

«безопасность территории», определить рамки анализа и др.), либо оставить все как есть. Жизнь меняется, меняются наши познания о ней и, смею надеяться, что содержание паспортов безопасности территорий и субъектов РФ и муниципальных образований будут все полнее отвечать критериям нашей общей безопасности.

Анализ риска территорий изначально содержит непреодолимые неопределенности. Причин тому много: бесконечное число элементов системы под названием «территория» (макро- и микромир живой и неживой природы); бесконечное число причинно-следственных связей (зачастую не изученных и даже неизвестных) между элементами самой системы и элементами других систем (территорий); случайные факторы происходящих событий, взаимодействий как результат действия случайных обстоятельств, случайных сил; возможное скрытое формирование и развитие факторов риска и т.п.

В общем случае «территория» является сложной, динамической, слабоструктурированной, нелинейной системой, напичканной всевозможными опасностями.

Все опасности можно разделить на три класса [17]:

- 1) природно-экологические, вызванные нарушением естественных циклов миграции вещества;
- 2) техногенно-производственные, связанные с возможностью нежелательных выбросов энергии и вредного вещества, накопленных в созданных людьми технологических объектах;
- 3) антропогенно-социальные, обусловленные умышленным сокрытием и/или искажением информации. К последнему, на наш взгляд, необходимо добавить: «...или незнанием, по разным причинам, реальной ситуации».

Говоря о сценарии возможных чрезвычайных ситуаций на объектовом уровне, необходимо подчеркнуть, что каждый опасный объект, как правило, имеет свои особенности, свой набор проектных и непроектных аварий и катастроф. Современные средства математического моделирования для большинства из них (взрывы, разливы химических аварийно-опасных веществ и т.д.) позволяют определить типовой сценарий аварии, характерную картину ее разных стадий. Руководствуясь этими знаниями, легче планировать спасательные работы. Модели позволяют выявить уязвимые места конкретного предприятия или территории, о безопасности которых необходимо позаботиться в первую очередь. Во многих конкретных случаях анализ этих моделей помогает понять, как следует строить систему мониторинга на конкретном объекте.



Обратим внимание на одно важное обстоятельство. Оценка риска принимаемых решений базируется на информации о вероятности различных возможных исходов и о возможных ущербах, что предполагает весьма высокий уровень знания изучаемых объектов, технологий, решений. Однако во многих случаях уровень современной науки не позволяет располагать такой информацией и давать оценку рискам, оставляя значительную степень неопределенности ситуации.

Так, в генной инженерии, биотехнологии, химической индустрии, а также в области новых технологий мы, к сожалению, имеем дело не с риском, а именно с неопределенностью. Ряд опасностей, которые сегодня просто неизвестны, в будущем могут потребовать согласованных усилий для получения необходимой информации в сжатые сроки, чтобы избавить общество от необходимости действовать наугад, методом проб и ошибок, ведь если риском можно управлять, то неопределенностью – нет.

В этих условиях оценить уровень риска можно лишь приближенно на основе комбинированного использования различных методов – метода экспертных оценок; статистического; метода создания сценариев с аналитическими исследованиями по ним с использованием подходов на базе нечеткой логики.

Экспертные методы пригодны в тех случаях, когда отсутствуют какие-либо данные о частоте проявления и неясна логика их зарождения, развития. Как правило, они применяются при оценке вероятности аварий и катастроф, когда цепь элементарных событий настолько сложна, что невозможно сформировать адекватную их взаимосвязи структуру, позволяющую оценить вероятность проявления результирующего неблагоприятного события [18].

Представляется, что этим должна заниматься группа независимых экспертов под эгидой территориальных органов МЧС, поскольку именно эта организация в первую очередь заинтересована в объективном прогнозировании возникновения и развития возможных негативных экологотехносферных ситуаций.

Основная трудность будет заключаться в выстраивании возможных цепочек событий, которые можно реализовать лишь на конкретной территории при конкретном стечении обстоятельств. Среди множества потенциальных сценариев развития чрезвычайных ситуаций могут быть как очевидные, так и трудно прогнозируемые. Почувствовать и предугадать это по силам лишь высококвалифицированным специалистам, поскольку первопричиной последних могут стать, на первый взгляд, «пустяшные события».

«Курирует» решение подобных проблем в различных областях нашей жизни теория риска – теория принятия решений в условиях вероятностной неопределенности. С математической точки зрения она является разделом теории вероятностей, а приложения теории риска практически безграничны. Наиболее продвинута финансовая область приложений: банковское дело и страхование, управление рыночными и кредитными рисками, инвестициями, бизнес-рисками. Развиваются и нефинансовые приложения, связанные с угрозами здоровью, окружающей среде, рисками аварий и экологических катастроф и др. [19].

В исследованиях по проблеме риска возникло отдельное направление работ под общим названием «управление риском».

В техносфере управление риском (*risk management*) – это часть системного подхода к принятию решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности промышленных аварий для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба материальным ценностям и окружающей природной среде. Для процесса управления риском существует несколько названий как в нашей стране (обеспечение промышленной безопасности), так и за рубежом (*safety management, management of process hazards*), которые фактически являются синонимами.

Этими терминами обозначается совокупность мероприятий, направленных на снижение уровня технологического риска, уменьшение потенциальных материальных потерь и других негативных последствий аварий.

Необходимо также понимать основное различие между понятиями «оценка риска» и «управление риском». Оценка риска строится на фундаментальном, прежде всего естественнонаучном и инженерном, изучении источника (например, химического объекта) и факторов риска (например, загрязняющих веществ с учетом особенностей конкретной технологии и экологической обстановки) и механизма взаимодействия между ними. Управление риском опирается на экономический и социальный анализ, а также на законодательную базу, которые не нужны и не используются при оценке риска. Управление риском имеет дело с анализом альтернатив по минимизации риска, т.е. является, по сути дела, частным случаем класса многокритериальных задач принятия решения в условиях неопределенности. Оценка риска служит основой для исследования и выработки мер управления риском.

В части работ, связанных с проблемами риска, используется термин «рискология», смысл которого трактуется разными авторами по-разному:



• О.Н. Яницкий [20]: «Предмет рискологии – не риски и их последствия, не катастрофы, а общество, которому имманентно присуще производство, распространение и потребление рисков»;

• В.В. Откидач, С.Г. Джура, О.В. Фисуренко [21]: «...нужна наука о риске. Такой наукой является рискология. Рискология – наука о будущем, потому что она связана с прогнозными оценками, возможными исходами, грядущими катастрофами»;

• Г.Ф. Гордукалова [23] отмечает, что «рискологией» нередко называют общее направление анализа риска планируемого действия и что в настоящее время происходит процесс формирования этого направления.

На наш взгляд, применительно к области знаний о безопасности жизнедеятельности в техносфере необходимо продолжать формировать специализированное, четко определяемое направление – прикладная техносферная рискология [24].

Почему именно «прикладная техносферная рискология», а не «прикладная рискология техносферы», «рискология» или нечто подобное? Жизнь настоятельно требует создания не «приложенной», а специализированной науки, решающей проблемы безопасности техносферы в комплексе, а не отдельных, зачастую разрозненных их частей.

Прикладная техносферная рискология – междисциплинарное направление, синтезирующее теоретические и практические наработки наук об окружающем нас мире в развитии осознанного использования знаний о синергизме техногенных, экологических, социальных и иных факторов в риск-менеджменте сложных техносферных комплексов.

Понятийный аппарат и инструментарий предлагаемого направления должен способствовать решению проблем, отмеченных выше.

Несмотря на обилие выполненных исследований в области обеспечения безопасности техносферных систем, проблема выбора методов исследования этого обеспечения остается актуальной. В частности, при построении деревьев событий как-то не принято включать в цепочки развития возможных сценариев влияние на возможное развитие событий персонала или объектовых формирований гражданской обороны. В большинстве аварий повинен человеческий фактор, а при анализе риска влияние этого фактора в лучшем случае завуалировано в статистической информации по свершившимся инцидентам.

Дерево событий в общем случае тем и отличается от дерева решений, что не приспособлено к анализу действий человека в тех или иных усло-

виях, как и дерево решений – к развитию событий в техносферной системе. Авторы надеются, что соединить «несоединимое» позволит графоаналитический метод анализа риска «древовидные структуры» (метод проф. Романовского).

Метод «древовидные структуры» позволяет:

- четко формализовать рассматриваемый материал;
- проводить анализ различных ситуаций;
- анализировать различные, но взаимосвязанные ситуации и события в рамках одного дерева;
- проводить эффективную количественную оценку условий недопущения негативных событий или условий достижения цели;
- равноправно, в рамках одного дерева, учитывать все элементы системы «человек-техника-среда».

Древовидная структура – графическое представление взаимосвязи различных событий конкретной системы «человек – техника – среда».

Событие – состояние, происшествие, явление, действие, которое могло произойти, произошло или может произойти в системе или элементе.

Событие, являющееся целью анализа, называется головным или результирующим. Головное событие наступает в результате комбинации различных событий. В древовидной структуре может быть несколько головных событий. Кроме жестко детерминированных причинно-следственных связей в древовидной структуре возможны и обратные связи, когда головное событие (или промежуточное) влияет на предыдущее.

События, являющиеся первопричинами процессов в системе и в конечном итоге приводящие к возникновению головного события, называются первичными или исходными.

События, расположенные на древовидной структуре между головным и первичным событиями, называются промежуточными.

Любое из событий обозначается символом с пояснениями внутри него:



Количественный анализ состоит в определении величин риска наступления нежелательных событий, оценке эффективности различных мероприятий, направленных на уменьшение риска, и выборе приемлемых решений.

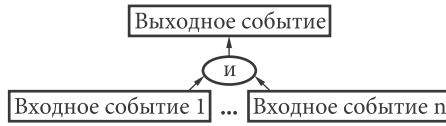
Количественный анализ заключается в определении вероятностей наступления завершающих головных событий после построения древовидной структуры, отвечающей цели анализа, с учетом вероятностей начальных (исходных) событий.



Количественную меру исходных событий выбирают на основе имеющейся статистики, проведения экспертных оценок или иных способов. Вычисления проводят по всем ветвям древовидной структуры.

Отношения между событиями структуры обозначаются логическими связями или операциями:

1). Операция «И»:



Выходное событие в данном случае происходит только при реализации всех входных событий. Количество входных событий – более одного.

Понятия «входное событие», «выходное событие» здесь и далее служат лишь для объяснения качества связи между ними с помощью той или иной операции и не являются понятиями самой древовидной структуры.

В случае операции «И» для  $n$  статистически независимых входных событий вероятность появления выходного события определяется по правилу умножения вероятностей:

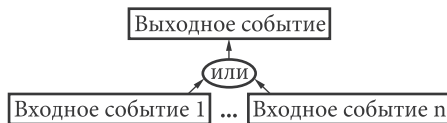
$$P_{\text{вых}} = \prod_{i=1}^n P_{\text{вх}i},$$

где  $P_{\text{вых}}$  – вероятность реализации выходного события,

$P_{\text{вх}i}$  – вероятность реализации  $i$ -го входного события,

$n$  – число входных событий.

2). Операция «ИЛИ»:

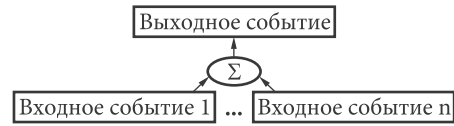


Выходное событие происходит при реализации хотя бы одного из входных событий. Количество входных событий – более одного.

Для статистически независимых событий, объединенных операцией «ИЛИ», вероятность появления выходного события в общем случае имеет вид:

$$P_{\text{вых}} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_{\text{вх}i}).$$

3). Операция « $\Sigma$ » (совокупность событий):



Операция « $\Sigma$ » применяется тогда, когда влияние входных событий на выходное не удается четко отнести к одной из двух предыдущих («И» или «ИЛИ»). Выходное событие происходит тогда, когда совокупное влияние входных событий на выходное превышает определенный порог. Количество входных событий – более одного.

В случае операции « $\Sigma$ » вероятность реализации выходного события определяется следующим образом:

$$P_{\text{вых}} = \sum_{i=1}^n W_i P_{\text{вх}i},$$

где  $W_i$  – значимость (степень влияния входного события на выходное)  $i$ -го входного события.

При этом для операции « $\Sigma$ » должно выполняться условие нормировки:

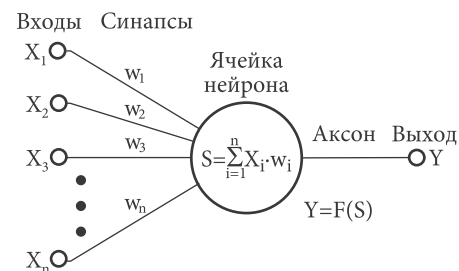
$$\sum_{i=1}^n W_i = 1.$$

По сути, оператор «совокупность событий» является формальным нейроном.

В последнее время бурно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях.

Основу каждой нейронной сети составляют относительно простые элементы, имитирующие работу нейронов мозга. Под нейроном подразумевается искусственный (формальный) нейрон. Нейрон обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей и аксоном – выходной связью.

Общий вид формального нейрона приведен на рисунке:



Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи или ее весом  $w_i$ , характеризующим пропускную способность канала и оценивающим степень влияния сигнала с этого входа на сигнал на выходе. Текущее состояние

нейрона определяется как взвешенная сумма его входов.

Выходной сигнал нейрона есть функция его состояния  $Y = F(S)$ . Функция  $F$  называется активационной и может иметь различное предназначение в зависимости от условий использования конкретного нейрона в сети.

В зависимости от предназначения конкретного нейрона его выходной сигнал может быть аналоговым или цифровым (1/0 или да/нет).

В графоаналитическом методе анализа техно-сферного риска появился нейрон.

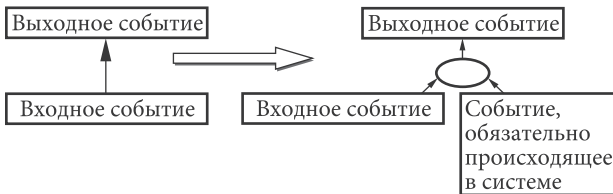
4). Операция « $\rightarrow$ » (причина – следствие):



Операция « $\rightarrow$ » применяется для упрощения взаимосвязи событий в конкретной системе «человек – техника – среда» в случае, когда наблюдается четкая взаимосвязь между входными и выходными событиями.

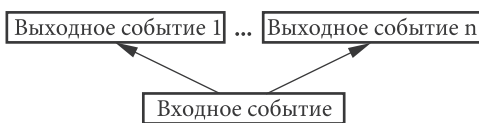
Операция « $\rightarrow$ » в ряде случаев может быть заменена одной из операций:

«И – причина», «ИЛИ – причина», « $\Sigma$  – причина» в зависимости от конкретной ситуации:



Такая замена может быть полезна для анализа причин появления «обязательного» события в конкретной системе.

В случае, когда входное событие инициирует реализацию нескольких выходных событий, графическое представление операции « $\rightarrow$ » выглядит следующим образом:



Для операции « $\rightarrow$ » (причина – следствие) вероятность реализации выходного события имеет вид:

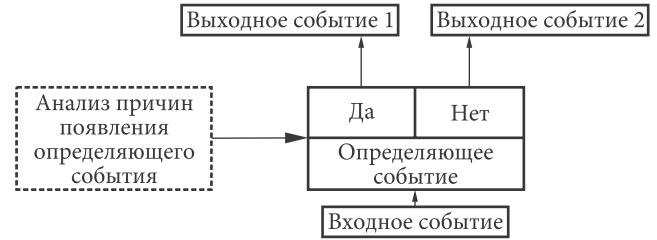
$$P_{\text{вых}} = W \cdot P_{\text{вх}}$$

Здесь  $W$  имеет смысл степени влияния причины на следствие. При этом:

$$1 \geq W > 0.$$

При нескольких выходных событиях оцениваются степени влияния входного события на каждое из выходных индивидуально.

5). Операция «определяющее событие»:



В случае реализации входного события дальнейший ход событий будет происходить по ветке «да» (реализация «выходного события 1») или по ветке «нет» (реализация «выходного события 2»), в зависимости от того, реализуется в конкретном случае определяющее событие или нет. При необходимости проводится анализ причин возможной реализации определяющего события в рамках древовидной структуры.

Операция «определяющее событие» является своего рода условием возможности реализации каждого из двух альтернативных событий. Поэтому ход рассуждений здесь следующий. Реализуется входное событие с вероятностью  $P_{\text{вх}}$ . Определяющее событие имеет свою вероятность реализации  $P_{\text{о.с.}}$ . Если в древовидной структуре проводится анализ причин появления определяющего события, то вероятность его реализации рассчитывается так же, как и для любого промежуточного события. В ином случае к определяющему событию подходят как к исходному.

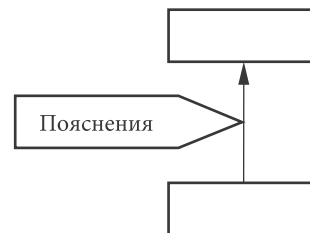
Вероятности выходных событий определяют по следующим соотношениям:

$$P_{\text{вых1}} = P_{\text{о.с.}} \cdot P_{\text{вх}} ;$$

$$P_{\text{вых2}} = (1 - P_{\text{о.с.}}) \cdot P_{\text{вх}} ,$$

поскольку альтернативные выходные события образуют полную группу событий.

Для введения пояснений о сопутствующих событиях и других событиях, напрямую не влияющих на ход развития событий, можно использовать символ:



Древовидную структуру можно делить на отдельные фрагменты. Для соединения фрагментов



в единую логическую структуру используется символ перехода с порядковым номером перехода внутри него:



Построение древовидной структуры начинается с процессов синтеза и анализа, включающих несколько процедур.

Процесс синтеза включает в себя определение цели анализа, выбор конкретной системы «человек-техника-среда» для возможности проведения анализа достижения цели. Процесс анализа производится методами индукции и дедукции.

Почему же метод «древовидные структуры» рассматривается здесь как системообразующий фактор прикладной техносферной рискологии? Во-первых, метод «древовидные структуры» вобрал в себя графоаналитические методы-предшественники и является дальнейшим их развитием. В частности, возможны несколько головных событий (в нашем примере они обведены двойной рамкой); допускается влияние последующих событий на предшествующие (т.е. «прокрутка» части событий во времени); развитие событий по разным «ветвям» структуры в зависимости от изменения текущей ситуации.

Во-вторых, возможен равноправный учет всех компонентов системы «человек – техника – среда» в рамках одной структуры.

В-третьих, появился оператор «совокупность событий», о котором ранее даже намека не было. Это позволяет более свободно включать в анализ аспекты психологии, экономики и других дисциплин.

В-четвертых, отнюдь не полная, а лишь иллюстративная древовидная структура более объемна (если так можно сказать), чем принципиальная схема установки, по которой она создана. Причина в том, что «структура» требует четкой формализации рассматриваемой проблемы.

В этом и трудность, и преимущество метода. Трудность в том, что надо четко представлять все тонкости проблемы, уметь отделять главное, суметь объединить все события в единую структуру. Преимущество – логично построенная структура не позволяет упустить из рассмотрения какие-то важные моменты; наглядно демонстрирует важные взаимосвязи событий.

По существу, речь идет о новом виде технологии – технологии управления рисками, рассматривающей и решающей широкий круг взаимосвязанных вопросов (технических, экологических, социально-

экономических, информационных, политических и др.) в целях выявления слабых мест в существующих или создаваемых техносферных системах для последующей оптимизации мер безопасности и снижения вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

## Литература

1. Приказ МЧС РФ от 25.10.2004 г. №484 «Об утверждении Типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований».
2. [www.esrc.ru/services/expertize/safety/](http://www.esrc.ru/services/expertize/safety/).
3. [www.risk-audit.ru/](http://www.risk-audit.ru/).
4. [www.tehnoprogress.ru/directions.html](http://www.tehnoprogress.ru/directions.html).
5. [www.intd.uni.udm.ru/passport/passport Terr](http://www.intd.uni.udm.ru/passport/passport Terr).
6. [www.sibpte.ru/pbter.html](http://www.sibpte.ru/pbter.html).
7. [www.texpert.ru/view/657534](http://www.texpert.ru/view/657534).
8. <http://home.mark-itt.ru/newwss/74769.html/>.
9. <http://www.ikcptb.com/ru/news/prakticheskiy-seminar>.
10. Октябрьский Р. О разработке паспортов безопасности. / Гражданская защита. 2006 г. № 6.
11. Протокол совместного совещания экспертов проекта «ТАСИС» и экспертов Российского научного общества анализа риска (24 мая 2005 г.).
12. Моисеев Н.И. Экология человечества глазами математика (Человек, природа и будущее цивилизации). – М.: «Молодая гвардия», 1988.
13. Николайкин Н.И. Экология: Учеб. для вузов / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2003.
14. Оценка и управление природными рисками. Тематический том / Под ред. А.Л. Рагозина. – М.: Издательская фирма «КРУК», 2003.
15. Касьянова Н.Л. Экологические риски и геодинамика. – М.: Научный мир, 2003.
16. Пушкина Ю., Емельянов А. Учет синергизма потенциальной и ситуационной опасности при управлении техногенными рисками. В сборнике научных докладов и статей 1-й Международной конференции «Безопасность. Технологии. Управление». Ч. I /Под науч. ред. д.п.н., профессора Л.Н. Гориной, Тольяттинский государственный университет. -Тольятти, 2005.
17. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003.
18. Силаев А.В., Недоступ П.Ю., Хаустов А.П. Оценка техногенной составляющей экологических рисков газотурбинных установок. Экология и промышленность России, январь 2006 г.



19. <http://riskconsulting.narod.ru/>  
 20. [ecsocman.edu/images/pubs/2004/10/16/0000180461/002\\_Yanitskiy\\_11-25.pdf](http://ecsocman.edu/images/pubs/2004/10/16/0000180461/002_Yanitskiy_11-25.pdf)  
 21. <http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2006/kita/mayir/library/art02.htm>  
 22. <http://nfriski.ru/content/view/131/88>

23. [www.bibliograf.ru/index/php?addcomment=1&id=1115](http://www.bibliograf.ru/index/php?addcomment=1&id=1115)  
 24. Романовский В.Л. Прикладная техносоциальная рискология: научное издание В.Л. Романовский, Е.В. Муравьева. – Казань; РИЦ «Школа» 2007, 342 с.

## Состояние атмосферного воздуха как важный фактор качества жизни в крупном городе



**И.В. Волчатова**

*к.б.н., доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Иркутского национального исследовательского технического университета; г. Иркутск*

Понятие «качество жизни» стало употребляться во второй половине XX века с различными толкованиями, в зависимости от аспекта – физического, медико-экологического, экономического или социологического. Так, применительно к экономике уровень качества жизни определяется удовлетворением материальных потребностей. Понятие «качество жизни» в социологии обозначает возможность занимать определенное служебное положение, место в обществе и удовлетворение потребностей для утверждения личности посредством образования, общения, самовыражения. В качестве параметров качества жизни в крупных российских городах для рейтинга, ежегодно составляемого департаментом социологии Финансового университета при Правительстве РФ, в 2014 г. были приняты: состояние системы здравоохранения и безопасность населения, работа образовательных учреждений, материальное благополучие жителей города, работа жилищно-коммунальных служб, благоустройство города, состояние дорожного хозяйства, баланс миграции населения города.

С ростом значимости показателя качества жизни в мировом масштабе в последние годы все чаще возникает вопрос о качестве жизненной среды человека, а к ней в первую очередь относятся

компоненты биосферы, представляющей его естественную среду обитания. Высокое качество жизни подразумевает достаточную продолжительность здоровой жизни, поддержанную безопасностью [1]. Но в условиях экологического кризиса становится сомнительной возможность повышения качества жизни в крупных промышленно развитых городах, в которых образуется огромное количество отходов, а производственная деятельность предприятий сопровождается выбросами и сбросами загрязняющих веществ, измеряемыми тысячами тонн. Главной проблемой является загрязнение воздушного бассейна. В 138 городах РФ уровень загрязнения воздуха оценивается как высокий и очень высокий [2]. При неблагоприятных метеорологических условиях загрязнение атмосферного воздуха может приводить к риску развития острых и хронических эффектов, проявляющихся повышением уровня патологии органов дыхания, онкологических и других заболеваний населения [3]. На примере г. Иркутска проведем оценку состояния атмосферного воздуха, чтобы определить, насколько оно соответствует условиям безопасной жизни горожан.

Иркутск – крупный индустриальный город Восточной Сибири с численностью населения свыше 620 тыс. человек. Уровень загрязнения воздуха здесь характеризуется как очень высокий [2]. Город постоянно включается в «Приоритетный список» городов с высоким уровнем загрязнения, который по результатам наблюдений формирует Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»). Климатические условия очень неблагоприятны для рассеивания примесей в атмосфере. В воздушный бассейн города из промышленных и автотранспортных источников выделяются вредные (загрязняющие) вещества 143 наименований [4], но наблюдения ведутся лишь за 12 из них (взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота, бенз(а)пирен, сероводород, аммиак, формальдегид, сажа, озон, тяжелые металлы). За-