

Перспективная роль оценок риска в ядерной безопасности

Р. Найхаус*

За последнее десятилетие возросло число научных публикаций и конференций по оценкам риска. В некоторых странах были созданы профессиональные общества для анализа риска. Изучение оценок риска проводилось на таких разных проблемах как кислотный дождь, изменение климата, озонный слой, медицинские рентгеновские лучи, новые лекарства и т. д. Другие исследования посвящены анализу понимания риска населением. Были проведены так называемые вероятностные анализы риска для ядерных устройств, химических заводов, терминалов для сжижения природного газа и т. д. Недавно Комиссия ядерного регулирования США (US NRC) решила установить качественные задачи по безопасности, подтвержденные качественными конструктивными задачами для АЭС на оценочный двухлетний период; соответствие может быть доказано только выполнением анализа риска для нормальной работы и возможных аварийных ситуаций. В связи с быстрым распространением оценок риска по многим направлениям можно задать вопрос, действительно ли оценки риска предлагают что-то новое в качестве ответа на новые требования, предъявляемые технологией, или это кратковременное увлечение, нечто старое в новом облике, что продержится очень недолго? Этот вопрос является еще более законным, если иметь в виду тот факт, что еще до разработки и внедрения технологии оценок риска обеспечивалась достаточная безопасность.

В этой статье рассматривается:

- в какой мере оценки риска предлагают новые пути повышения безопасности
- состояние доступных методов для оценок
- перспективные области применения

Оценки риска представляют собой общий процесс повышения безопасности и включают в себя три основных элемента: *определение риска* – идентификация и качественная оценка риска; *количественная оценка риска* – взвешивание и сравнение различных аспектов риска; и *управление риском* – формулирование и осуществление политики в области безопасности.

В настоящее время безопасность гарантируется, главным образом, использованием установленных критериев. Инженер, проектирующий мост,

добавит факторы безопасности к первоначальному проекту. Некоторые балки будут сделаны вдвое прочнее, чем требуется из расчетов чистой механики без запаса прочности. Считается, что такой фактор безопасности будет компенсировать неопределяемые недостатки в качестве стали, при сварке, в конструкции и т. д. и некоторые непредсказуемые события. Конечно, необходимо иметь в виду такие возможные события, как поднятие уровня воды или сильный ветер, а также землетрясение. Регулирующими органами составлены соответствующие технические требования; базирующиеся, в основном, на опыте. Установленные критерии определены таким образом, что превышение нагрузки, на которую рассчитан мост очень мало вероятно. События, которые считаются возможными, должны полностью контролироваться; невероятные события не могут считаться абсолютно невероятными.

Если все правила выполняются точно, мост является безопасным. Обвал моста очень маловероятен, но не невозможен. Имеющий место риск может быть статистически оценен на опыте разрушений аналогичных мостов. Оценки такого рода требуют экспертного заключения и неизбежно субъективны. Безопасность ядерного оборудования также гарантируется с использованием таких установленных критериев.

Как измерить безопасность без использования статистики

Результатом индустриальной деятельности является ежегодная эмиссия около 20 миллиардов тонн двуокиси углерода, 100 миллионов тонн серы, двух миллионов тонн свинца и т. д. Крупный бензо-химический комплекс в Канвей Айленд, вблизи Лондона, обладает способностью хранить более 100 000 т сжиженного природного газа (СПГ) и 10 000 т аммиака. Ядерный реактор содержит радиоактивные вещества, суммарная активность которых составляет около 8 миллиардов кюри.

Все это представляет большую потенциальную опасность для человека и окружающей среды. Однако не существует явных статистических данных о причинах изменения климата или о связи между определенным загрязнением и воздействием его на здоровье и окружающую среду. К счастью отсутствуют также статистические данные, основанные на

* Р. Найхаус – руководитель Секции оценок риска Отдела ядерной безопасности МАГАТЭ.

ядерных авариях или на катастрофах, связанных с СПГ, сравнимых с катастрофой для мостов.

Этот риск должен быть определен по двум основным причинам:

- Системы стали столь крупными и, таким образом, потенциальные последствия катастрофы столь значительны, что нельзя ждать накопления статистических данных для исправления ошибок
- Системы стали столь сложными, что проектировщики не в состоянии более предвидеть все возможные значительные события, основываясь на интуиции и опыте

Таким образом, практический опыт должен заменяться теоретическими моделями, обычно используемыми в виде сложных программ для ЭВМ. В основе таких моделей заложена доступная информация об отдельных компонентах общих систем и знание физических и химических явлений. В том случае, когда вычислительная программа включает в себя все данные и все связи между компонентами системы, имеется возможность моделировать поведение системы в целом.

Для иллюстрации такого подхода можно привести три небольших примера.

1. Как уже отмечалось ранее, результатом деятельности человека является эмиссия около 20 миллиардов тонн CO_2 ежегодно. Около половины этого количества остается в атмосфере, медленно, но постоянно изменяя ее состав. CO_2 является основой существования жизни; но как мы можем узнать, не причиняет ли эмиссия CO_2 в таких размерах непоправимого вреда окружающей среде? Для ответа на этот вопрос используются оценки риска.

Имеется информация о растворимости газа в соленой воде, изотопных профилях в океанах, скорости ассимиляции в растениях, росте лесов, атмосферной передаче тепла, циркуляции воздуха, поведении ледяного покрова и т. д. Вся эта информация может быть включена в модель, которая воспроизводит увеличение CO_2 в атмосфере в результате разной степени потребления органического топлива и позволяет определить ожидаемое изменение климата.

2. Второй пример касается двуокиси серы, SO_2 , которая, как известно, наносит ущерб здоровью и окружающей среде. Результатом жизнедеятельности человека является эмиссия миллионов тонн SO_2 ежегодно, главным образом, за счет сжигания органического топлива. Поскольку не представляется возможным непосредственно оценить очевидный риск от производства SO_2 , то как же мы узнаем потенциальные последствия? Чтобы ответить на этот вопрос используются дисперсионные модели атмосферы для оценок окружающих концентраций. Для установления взаимосвязей между дозами и их воздействием были проведены эпидемиологические исследования. Затем популяционные модели позволили оценить общий риск. Как и в первом примере, существует большая степень неопределенности. Нельзя получить определенных ответов; можно провести только вероятностный анализ.

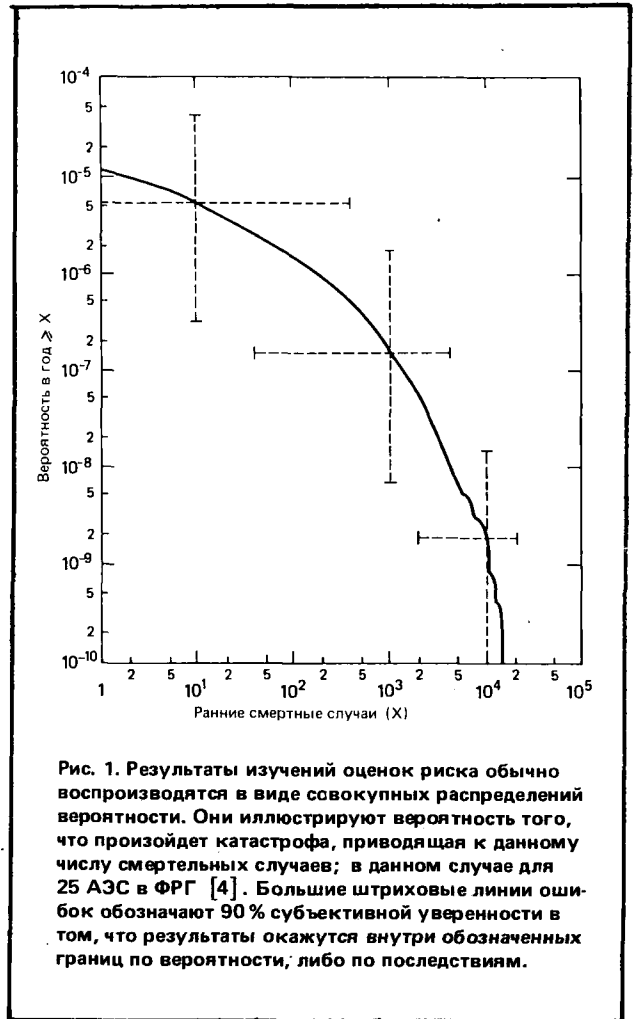


Рис. 1. Результаты изучения оценок риска обычно воспроизводятся в виде совокупных распределений вероятности. Они иллюстрируют вероятность того, что произойдет катастрофа, приводящая к данному числу смертельных случаев; в данном случае для 25 АЭС в ФРГ [4]. Большие штриховые линии ошибок обозначают 90 % субъективной уверенности в том, что результаты окажутся внутри обозначенных границ по вероятности, либо по последствиям.

3. Первые два примера связаны с серийным промышленным производством. Однако следующий пример имеет отношение к гипотетической катастрофе. Как упоминалось ранее, на работающей АЭС имеются радиоактивные вещества, общая активность которых составляет около $8 \cdot 10^9$ кюри. Большой резервуар для хранения может содержать 20 000 т СПГ. Катастрофа может произойти, если будет иметь место утечка основной части этих веществ. Статистический опыт больших катастроф недоступен: как же, поэтому мы можем знать какие принять меры предосторожности?

Из предыдущих обсуждений известно, что меры предосторожности, основанные на установленных критериях, выбираются таким образом, чтобы обеспечить безопасность таких АЭС. Однако, остается несколько вопросов: какие последствия можно ожидать от „событий”, превышающих проектные критерии, и какова вероятность их свершения? Для ответа на эти вопросы может быть проведен вероятностный анализ риска (ВАР). Моделируются последствия катастрофы и оцениваются потенциальное освобождение и рассеяние вещества. Последующая комбинация оценок с популяционной моделью позволит рассчитать потенциальные последствия.

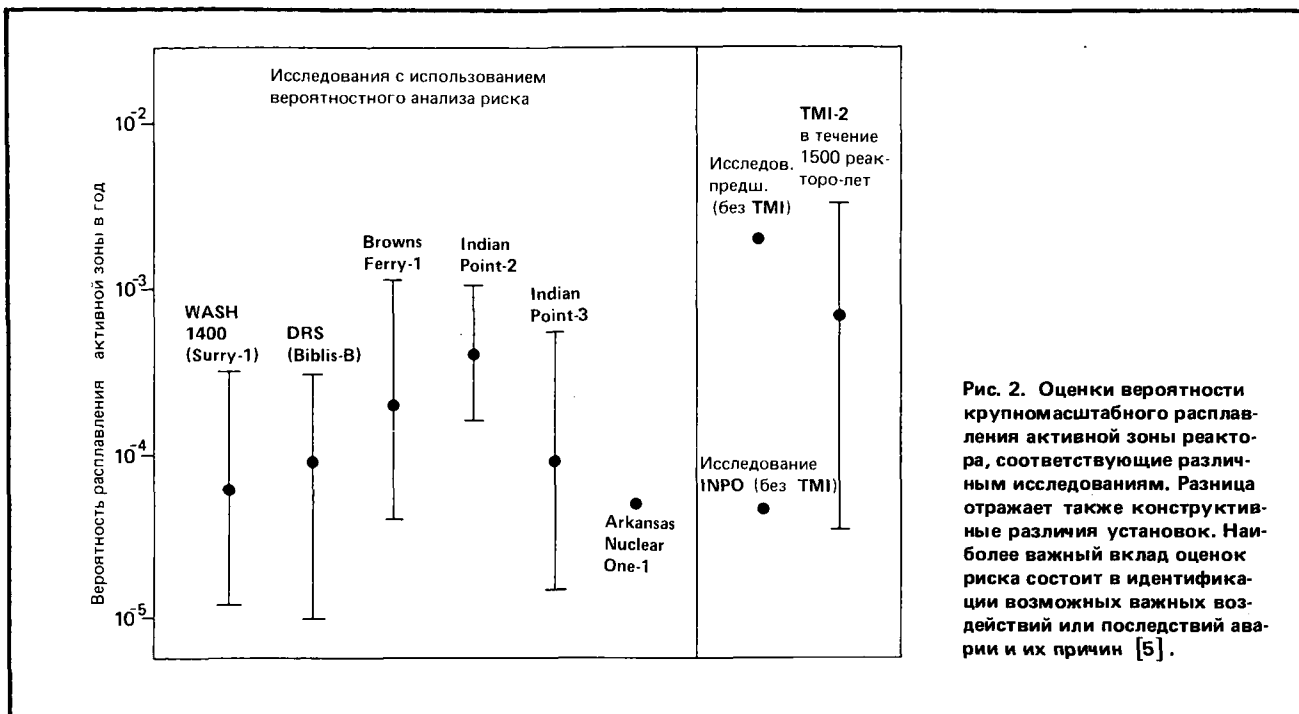


Рис. 2. Оценки вероятности крупномасштабного расплавления активной зоны реактора, соответствующие различным исследованиям. Разница отражает также конструктивные различия установок. Наиболее важный вклад оценок риска состоит в идентификации возможных важных воздействий или последствий аварии и их причин [5].

Ограниченность оценок риска

Вследствие недостатка опыта такое теоретическое расчетное моделирование обладает большой неопределенностью как относительно возможных последствий, так и в смысле вероятности происшествия. На рис. 1 показано совокупное распределение вероятности смертельных исходов в соответствии с программой „Западногерманского анализа риска (DRS)“*, по которой проведены оценки риска за последнее время для ядерных реакторов ФРГ. Штриховые линии обозначают интервал с вероятностью риска 90%, который охватывает почти три порядка величин. При сравнении результатов различных исследований можно предполагать еще большую неопределенность. Левая часть рис. 2 является компиляцией результатов нескольких исследований, проведенных с использованием ВАР частоты расплавления активной зоны — что в большой степени зависит от размеров — причем, эти результаты включают там, где это возможно, интервал 90%-ной вероятности. Правая часть диаграммы показывает результаты работы „Изучение предшественника“ и „Исследование INPO“** Авария на АЭС Три Майл Айленд является единственной до сих пор аварией, в результате которой было зафиксировано частичное расплавление активной зоны. С учетом одной наблюдаемой аварии с частичным расплавлением зоны на 1500 реакторо-лет вероятность расплавления активной зоны может быть оценена значением $7 \cdot 10^{-4}$ на один реакторо-год. Эта оценка без сомнения очень неопределенна,

* Deutsche Risikostudie.

** Institute of Nuclear Power Operations.

поскольку она основана на наблюдении только одной такой аварии.

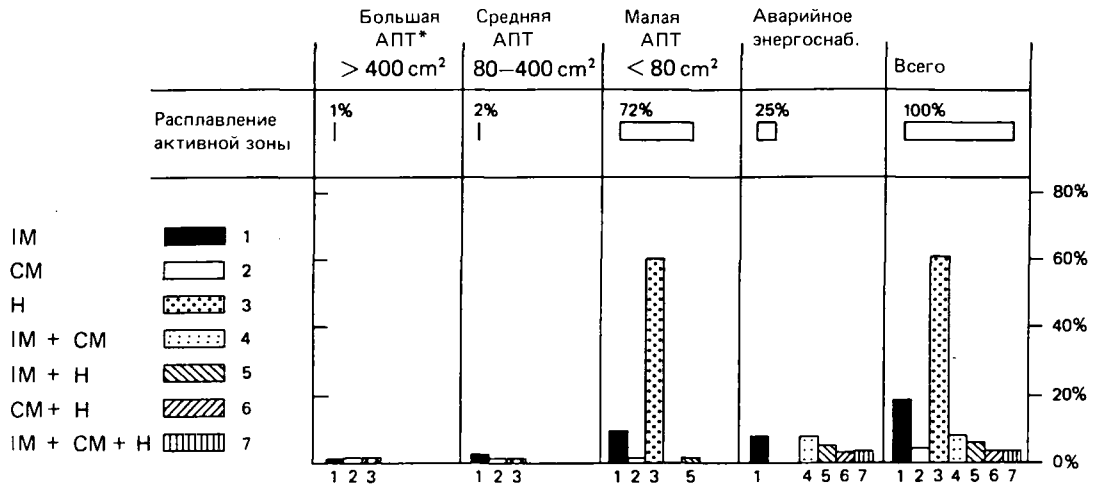
В действительности неопределенность значительно больше. Основными причинами этого являются:

- ограниченность самих исследований (обычно рассматривается не весь риск — т. е. незапланированное вмешательство человека в случае АЭС, рассмотрение других веществ в случае CO₂ и синергистические эффекты других загрязняющих веществ в случае SO₂)
- ограниченность анализа, особенно в отношении аварий при обычных режимах и ошибок человека (могут быть проанализированы только те аварии, которые предвидятся)
- ограниченность имеющихся данных (обычно проявляется в результатах)

Применение результатов оценок риска

В связи с большой неопределенностью возникает вопрос, как можно использовать такой анализ. Очевидно, что ответ на этот вопрос не однозначен в случае изучения различных оценок риска. Однако выясняются следующие четыре основные области применения.

1. Наиболее важной областью применения исследований оценок риска является идентификация основных составляющих риска: могут быть идентифицированы как важные возможные воздействия или последствия аварии и их причины, так и эффективные способы их контроля. Программа „Западногерманский анализ риска“ идентифицирует около 40 возможных конструктивных изменений, которые могут эффективно уменьшить риск. Также ока-



*Авария с потерей теплоносителя

Расплавление активной зоны от:
 Независимый отказ оборудования (IM)
 Отказ по общей причине (CM)
 Ошибки персонала (включая общую причину) (H) [10]

Рис. 3. Эта диаграмма показывает, что по оценкам более 60 % всех аварий, связанных с расплавлением активной зоны, может быть обусловлено несостоятельностью персонала [4].

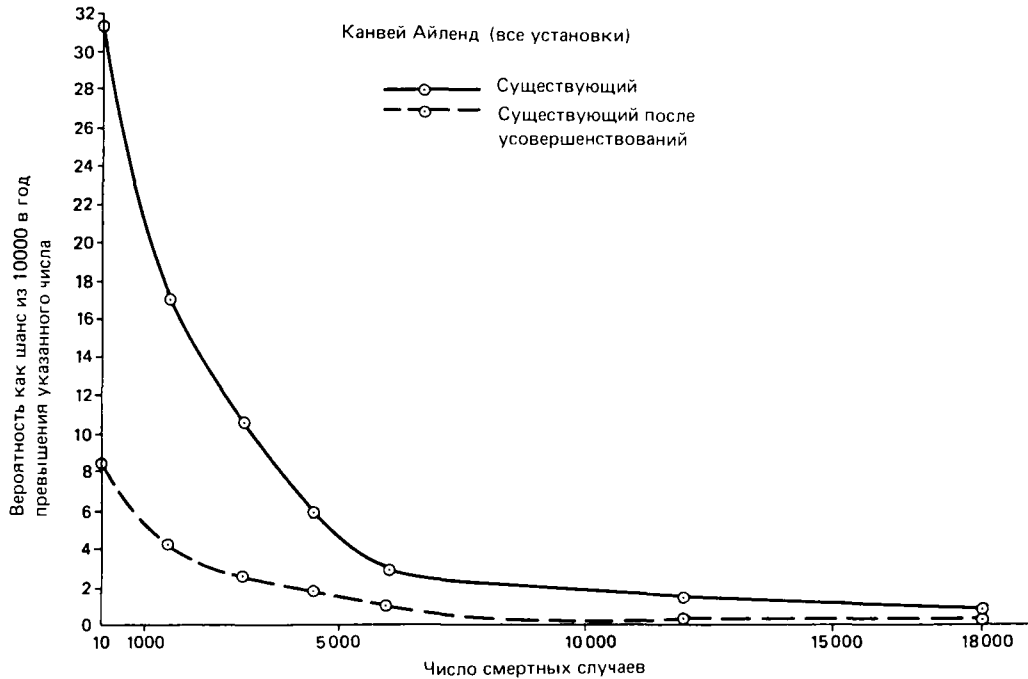


Рис. 4. После проведения исследования оценок риска для крупного бензохимического комплекса в Канвей Айленд был предложен ряд усовершенствований, эффективно уменьшающих риск [3].

залось возможным продемонстрировать важную роль последствий ошибок персонала для обеспечения безопасности (рис. 3). На рис. 4 приведен пример из ядерной области. Стало возможным улучшить безопасность комплекса Канвей Айленд после анализа риска. Оценки риска можно также использовать для сравнения и оценки различных конструкций или при выборе места для предполагаемого оборудования при условии удовлетворения установленных требований безопасности.

2. Оценка риска может быть использована для дальнейшего развития установленных критериев, которые являются гарантией безопасности технических установок.

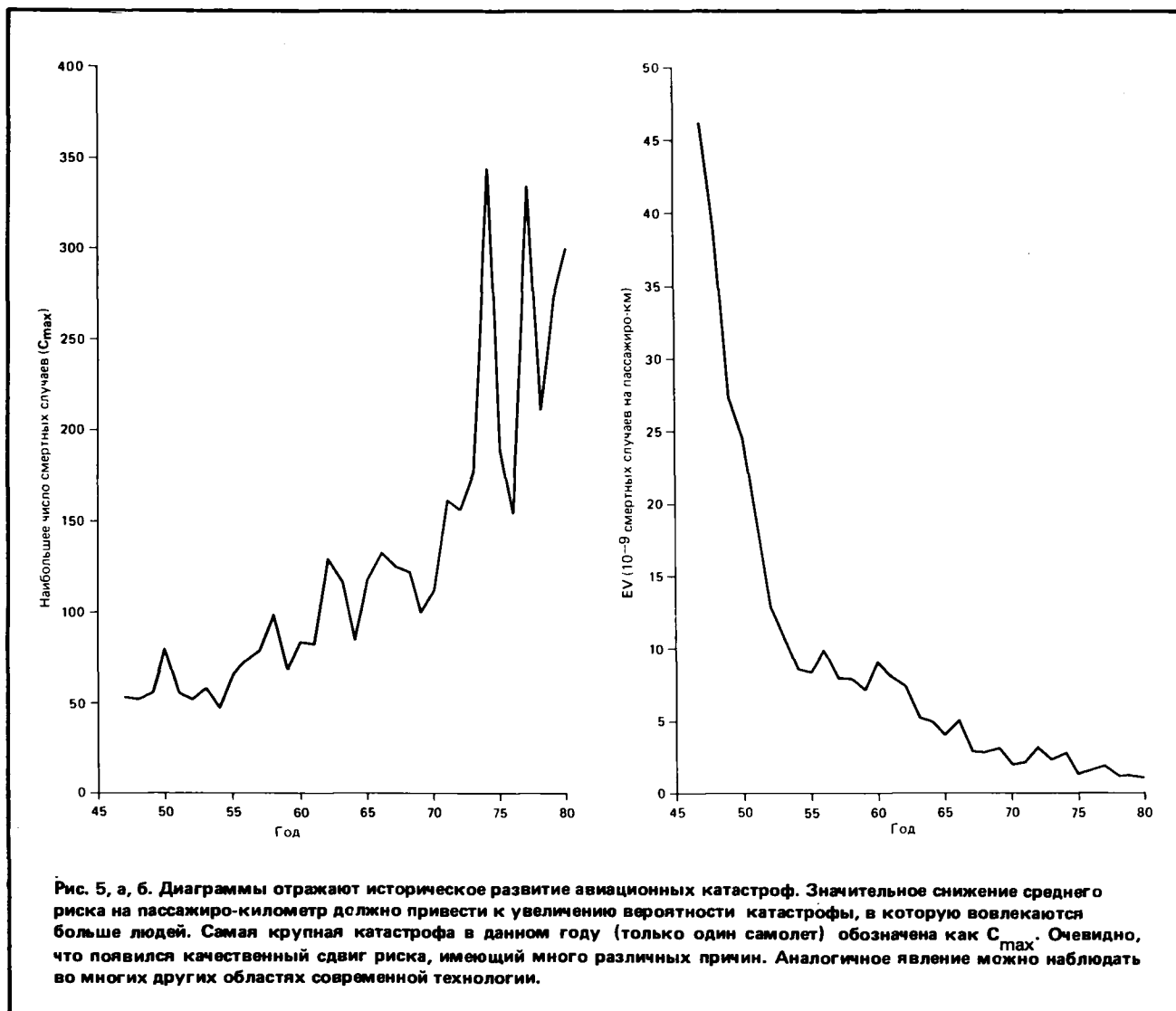
3. В том случае, если неопределенность достаточно мала, то результаты изучения оценок риска могут быть использованы для определения степени риска в перспективе.

4. В том случае, если неопределенность в абсолютном смысле очень велика, то сам процесс проведения анализа может быть более важен, чем результаты. Систематическое моделирование улушает по-

Таблица 1. Риск может быть качественно дифференцирован даже в том случае, если в среднем или в течение длительного промежутка времени его последствия будут одинаковыми. Это относится как к различным типам воздействия на здоровье людей, так и к различным дозам облучения, получаемым людьми. В этой таблице собраны некоторые из этих факторов.

● Профессиональный	— Общие эффекты
● Индивидуальный	— Облучение населения
● Сознательный	— Непроизвольное облучение
● Непосредственный	— Замедленные эффекты
● Управляемый	— Неконтролируемые эффекты
● Высокая вероятность/низкое последствие (ВВ/НП)	— Низкая вероятность/максимальное последствие (НВ/МП)
● Малая неопределенность	— Большая неопределенность

нимание взаимосвязей между компонентами системы. Часто качественные оценки сами по себе очень важны для повышения безопасности.



Качественные различия

До сих пор обсуждались только технические данные и методологические аспекты. Однако несмотря на то, что две различные причины риска могут в среднем нанести ущерб одинаковому количеству людей, может возникнуть желание затратить больше усилий на уменьшение одной из них, из-за ее физических свойств или ее более устрашающего характера. В табл. 1 представлен перечень известных факторов, определяющих значительную степень риска. Будут описаны два примера с тем, чтобы кратко осветить эту часть проблемы, которая обычно носит название „оценка риска“.

Риск. Низкая вероятность/Максимальное последствие. Большое внимание уделяется несчастным случаям, в которые одновременно вовлекается большое количество людей. Одинакового ли отношения требуют несчастные случаи, приходящиеся на одного человека в год, и катастрофа, случающаяся один раз за тысячу лет, жертвами которой становятся 1000 человек. Общая тенденция современной технологии выражается в том, что результаты повышения безопасности выразились в качественном сдвиге риска из области высокая вероятность/низкое последствие в область низкая вероятность/максимальное последствие. Примером служат (в сочетании с рассмотрением технических и экономических аспектов) авиационные катастрофы, как показано на рис. 5. Средний риск на пассажиро-километр значительно уменьшен. Однако это достигается за счет увеличения потенциальной возможности катастрофы (низкая вероятность/максимальное последствие), в которую одновременно вовлекается большое количество пассажиров.

Неопределенности в риске. Все оценки риска подвержены неопределенности. Неопределенность в вероятности исхода является одной из самых важных черт „рискованной“ ситуации. Это положение можно проиллюстрировать примером. Точно известно, что технология проекта А может привести к катастрофе один раз за 1000 лет и при этом пострадает 100 человек. Таким образом, на 10 лет приходится в среднем один смертный случай. Наилучшие оценки альтернативного проекта Б в среднем дают тот же результат. Однако неизвестно, только ли 10 человек или в худшем случае еще 1000 человек пострадают. Выбирая между этими двумя проектами, большинство людей отдаст предпочтение проекту А, так как в этом случае неопределенность меньше. Таким образом, неопределенность является одним из наиболее важных аспектов ситуации с риском. (См. также [8]).

Критерии решения

Как уже было видно, безопасность обеспечивается рассмотрением, главным образом, установленных критериев, которые в большой степени основываются на опыте, накопленном непосредственно, либо полученном экстраполяцией другого опыта. В качестве дополнения к таким критериям в

Таблица 2. Комиссия по вопросам ядерного регулирования США приняла решение выбрать качественные цели безопасности, подтвержденные количественными целями проекта для АЭС, для использования их в течение двухгодичного оценочного периода. В этой таблице приводится краткое изложение количественных задач.

Количественные задачи проекта Комиссии по ядерному регулированию США (NRC)

- **Индивидуальный риск:** Риск внезапного несчастья в результате аварии реактора, которому подвергается средний индивидум в районе АЭС, не должен превышать 0,1% от общего количества внезапных несчастных случаев, которым вообще подвержены граждане США
- **Общественный риск:** Риск смерти от рака, которому подвергается население в зоне, расположенной вблизи АЭС, обусловленный эксплуатацией АЭС, не должен превышать 0,1% от общей смертности от рака, обусловленного другими причинами
- **Действенность:** Польза от возрастающего уменьшения общественного смертельного риска должна быть сравнима с общими затратами, исходя из 1000 долларов США на предотвращенный человеко-бэр
- **Характеристика активной зоны:** Вероятность аварии ядерного реактора, приводящей к широкомасштабному расплавлению активной зоны, должна быть меньше 1/10 000 на год эксплуатации реактора

некоторых странах разрабатываются качественные и количественные задачи. В качестве примера могут служить предварительные количественные цели проекта, недавно опубликованные Комиссией по ядерному регулированию США, для использования в течение двухлетнего оценочного периода (см. табл. 2). Задачи безопасности могут быть основаны на следующих основных критериях:

1. Целью может являться ограничение индивидуального риска вблизи предприятия. В основу может быть положено рассмотрение некоего среднего человека или человека, подвергшегося максимальному риску.
2. Кроме того, целью может служить ограничение общественного риска или риска для подгрупп населения.
3. Эти две цели могут быть подкреплены критерием действенности: уменьшение риска так же и в будущем, если это может быть достигнуто ценой определенных затрат или, если это технически достижимо, или если это практично и т. д.
4. Кроме того, могут быть наложены определенные ограничения на вероятность или последствия несчастных случаев определенных типов (например, расплавление активной зоны) или на разработку определенных систем безопасности (например, контеймент). Может быть разработан целый ряд таких критериев или могут быть выделены некоторые критерии. Как уже обсуждалось выше, можно также рассмотреть определенные различные качественные критерии. Например, можно наложить дополнительные ограничения на крупные катастрофы [9], либо разработать различные критерии для обычной эксплуатации или возможных аварий [10].

Основные моменты программы оценок риска МАГАТЭ

Международный симпозиум по риску и пользе энергетических систем, который будет проведен в Ядерном исследовательском центре в Юлихе, ФРГ, с 9 по 13 апреля 1984 г. имеет предметом обсуждения анализ перспективной роли ядерной энергетики в сравнении с другими энергетическими системами и подведение суммарного баланса между имеющим место риском и получаемой выгодой.

Координационная исследовательская программа МАГАТЭ (в ней принимают участие 15 стран-членов) по сравнению затрат и их эффективности для снижения риска для различных энергетических систем имеет целью определение оптимального размещения ресурсов с точки зрения повышения безопасности общего топливного цикла энергетических систем [12].

Координационная исследовательская программа МАГАТЭ (в ней принимают участие 15 стран-членов) по развитию критериев риска ядерных топливных циклов призвана развивать исследовательскую систему методов и критериев, выражающих риск полного топливного цикла легководных реакторов [13].

Программа МАГАТЭ, включающая проведение семинаров, курсов, совещаний экспертов и выпуск технической документации по конкретным темам, имеет целью сбор, оценку и распространение информации по методам и результатам работ по оценкам риска, проводимых в странах-членах, включая общественное понимание ядерной безопасности.

Однако следует подчеркнуть, что полезность оценок риска не подчиняется установлению целей безопасности или целей проекта.

Опыт количественных целей безопасности пока ограничен. Рассматривая неопределенность, свойственную оценкам риска, необходимо создать тесную связь между целями и методами оценок и точно определить при каких условиях доказано, что данная цель выполнена. В любом случае оценки риска, возможно подкрепленные целями безопасности, будут в дальнейшем использоваться для продолжения разработок существующих установленных критериев безопасности и надежности компонентов систем.

Общественное признание

Основной целью оценок риска является повышение безопасности и минимизация риска, а не достижение общественного признания определенной технологии. Однако количественные технические данные могут играть важную роль для рационального обсуждения или дискуссии. В данном случае абсолютные цифры менее важны, чем общая перспекти-

ва, определяемая результатами. Оценки риска могут также помочь обратить внимание на относительную важность проблемы. В случае ядерной энергии, например, кажется необходимым не упустить из вида тот важный факт, что при нормальной работе АЭС оказывают очень незначительное влияние на окружающую среду [11]. Кроме того, что оценки риска оказываются полезными при перспективном определении проблем в целом или частных задач, они окажут помощь в повышении доверия к правовым органам, делая инструкции более содержательными и ясными. Повышение доверия к правовым органам будет наиболее важным вкладом оценок риска в усиление общественного признания ядерной энергетики.

Заключение

Несмотря на большую неопределенность, оценки риска будут в будущем играть быстро возрастающую роль в обеспечении безопасности крупномасштабного промышленного оборудования, в том числе и установок для ядерных топливных циклов. Важные выводы можно извлекать из качественных оценок риска, особенно в смысле идентификации важных параметров риска. Даже в случае большой неопределенности результаты, полученные в процессе проведения анализа, будут полезны для повышения безопасности.

Полное понимание систем, обеспечиваемое оценкой риска, полезно, по крайней мере, для:

- оценок безопасности за счет улучшения подготовки персонала
- определения первоочередности исследований и работ
- дальнейшего развития установленных критериев безопасности
- дополнения существующей на сегодняшний день безопасности за счет рассмотрения взаимосвязей общей системы, включая маловероятные события, которые могут быть вычислены только теоретически.

Таким образом, оценка риска вводится не для того, чтобы подменить существующий подход обеспечения безопасности, но чтобы дополнить его; и это поможет улучшить установленные критерии безопасности. Оценки риска имеют такой же потенциал, как усиление органов регулирования за счет более последовательной и четкой формулировки инструкций. Если ограниченность оценок риска понимается надлежащим образом, они могут служить важным инструментом обеспечения ядерной безопасности в ближайшие десятилетия.

1. *Инхабер Х., Норман С.* Повышение интереса к риску. Анализ риска, т. 2, № 3, 1982.
2. *Комиссия по вопросам ядерного регулирования США.* Официальное правительственное заявление по поводу целей безопасности при эксплуатации АЭС. № 83-39, Офис оф Паблик Эффзас, Вашингтон, Д. С. 14 марта 1983.
3. *Изучение Канвей Айленд,* Канвей: Краткое изложение исследований потенциальной опасности эксплуатации установок в Канвей Айленд/ Зона здоровья Саррок и соблюдение безопасности, Лондон, 1978.
4. *Западногерманский анализ риска, Атомные электростанции.* Исследование риска, обусловленного авариями на АЭС. Северный Рейн, Кельн, 1979.
5. *Биркхофер А.* Концепция риска с естественно научной точки зрения. Реферат 7-го западногерманского атомного симпозиума 1983, Геттинген (ФРГ), 16 марта 1983.
6. *Найхаус Ф., Сватон Е.* Оценки риска и общественное признание ядерной энергетики. Семинарная серия, ЭНЕА. Рим, Италия, 1981.
7. *Найхаус Ф., де Леон Г., Каллингфорд М.* Сравнительная оценка ожидаемого и потенциального риска крупных катастроф. Представлена на семинаре по анализу риска в области Низкая вероятность/Максимальное последствие, 15 — 17 июня 1982, Арлингтон, Вирджиния, США.
8. *Словик П., Фишхофф В., Лихтенштейн С.* Действительно ли общественный риск неблагоприятен? Работа представлена на семинаре по анализу риска в области Низкая вероятность/ Максимальное последствие, 15—17 июня 1982, Арлингтон, Вирджиния, США.
9. *Комиссия по вопросам ядерного регулирования США.* Подход к количественным целям безопасности для АЭС, NUREG-0739, 1980.
10. *Кларк М.Ж., Флейшман А.Б., Вебб Ж. А. М.* Оптимизация радиационной защиты населения. NRPB-P120, июль 1981.
11. *Сватон Е.* Отношение к риску: Межотраслевое сравнение, представленное на общественном семинаре „Задачи, методы и предполагаемые возможности исследований риска“, 24—25 ноября 1980, организованном Бейлефилдским университетом, Бейлефилд.
12. *Найхаус Ф., Новегно А.* Оптимальное размещение ресурсов с точки зрения безопасности. Представлено на симпозиуме по оценкам риска и его влиянию на здоровье человека, 18—19 октября 1982, Онтарио, Канада.
13. *Каллингфорд М., Найхаус Ф., Вуори С.* Использование анализа риска для обеспечения безопасности. Доклад представлен на ежегодном конгрессе французского общества радиологической защиты, 18—22 октября 1982, Авиньон, Франция.

EXPERTS WANTED

Below are details of posts for which the International Atomic Energy Agency requires experts.

Applications should be made to:

Experts Section
Division of Technical Assistance
International Atomic Energy Agency
P.O. Box 100, A-1400 Vienna, Austria
Tel.: 2360/2380 Cable: INATOM, Vienna Telex: 1-12645
quoting the reference number

BANGLADESH

A fast neutron dosimetry scientist, with experience in NTA film Secondary Standard Neutron Track Dosimetry, is required as soon as possible for 1 month at the Atomic Energy Centre, Ramna, Dhaka, Bangladesh. Duties: To advise on health hazards of fast neutrons and on various aspects of fast neutron dosimetry. Language: English.

Ref.: IAEA/BGD/1/007-01

BURMA

An electronics engineer, with extensive experience in the field of maintenance and repair of nuclear equipment, is required as soon as possible for 6 months at the Rangoon Arts and Science University, Rangoon, Burma. Duties: To assist local counterpart in establishing a new unit for maintenance of nuclear instruments and to train local personnel in nuclear electronics. Language: English.

Ref.: IAEA/BUR/4/005-01

MALAYSIA

A radiochemist, extensively experienced in radiochemical analysis, measurement, and assessment of environmental samples, is required for 2 months, after equipment has been delivered, at the Tun Ismail Atomic Research Centre, Kajang, Malaysia. Duties: To advise on the planning and organization of the radiochemical separation work; and to assist counterpart staff in the initial phase of the chemical separation work and in the measurement of processed environmental samples. Language: English.

Ref.: IAEA/MAL/9/003-01

VIET NAM

A medical scientist, with extensive experience in the production of radioisotope kits and radiopharmaceuticals, is required for 3 months, after equipment has been delivered, at the Bach Mai Hospital, Ha Noi, Viet Nam. Duties: To advise concerning the organization of the Nuclear Medicine Department and the use of equipment, and to introduce the "home made" radioisotope kits and radiopharmaceuticals production; to guide research work and hold seminars on the work involved; and to train the personnel assigned to the project. Language: English.

Ref.: IAEA/VIE/6/011-01