

от различных внешних воздействий, в том числе электромагнитных наводок, потери энергоснабжения, пожара, системных отказов и т.д. Все эти проектные решения известны в практике проектирования АЭС и реализуемы.

Можно предположить, что ЭВМ с функциями «черного ящика» в системах технологического контроля АЭС позволит получить объективную информацию об изменениях основных параметров при нестационарных состояниях и аварийных ситуациях для последующего анализа.

Комментарии

Предлагаемая работа действительно является дискуссионной. Для любых современных потенциально опасных объектов необходим свидетель — «черный ящик». Однако в том виде, в котором он применяется на транспортных средствах, а именно средство регистрации высокой защищенности для АЭС не нужен. Информационные и регистрирующие системы на АЭС находятся в зонах повышенной комфортности и при авариях на ядерных установках экстремальным воздействиям с технической точки зрения не подвергаются. В современных проектах эти системы находятся вне защитной оболочки. Даже на Чернобыльской АЭС, где защитной оболочки нет и где на четвертом блоке произошла самая крупная из аварий на ядерных установках, информационная система «Скала» продолжала работать, успешно выполняя функцию «черного ящика». Впоследствии эти данные были основными для технического анализа. Развитие таких средств идет плановым путем соответственно развитию ЭВМ и специального программного обеспечения. В чем хотелось бы поддержать автора, так в том, что эта работа действительно нужна и нужны средства (деньги) на ее достойное развитие, особенно в направлении быстродействия и функционального наполнения. К сожалению, при авариях на АЭС из строя выходят датчики первичной информации, те, которые установлены внутри реактора и поблизости от него. Специалистами после аварии на Чернобыльской АЭС обсуждается вопрос о поиске свидетельств и признаков параметров произошедших физических процессов, и в этой связи предлагалось на АЭС размещать специальные материалы, образцы, пассивные детекторы, которые после запроектных аварий могли бы сохраниться в доступном виде и сохранить информацию о произошедших событиях. Этот путь является также перспективным, но нужны конкретные инженерные разработки и предложения. К сожалению, в предлагаемой к обсуждению разработке таковых нет.

Шикалов В.Ф. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)

УДК 612.014.481.658.54

КОНЦЕПЦИЯ НОРМИРОВАНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО РАДИАЦИОННОГО РИСКА

Губин А.Т. (Департамент окружающей среды и экологической безопасности

Министерства природных ресурсов России),

Сакович В.А. (Научно-исследовательский испытательный центр
радиационной безопасности космических объектов),

Федин В.И. (Федеральное управление медико-биологических
и экстремальных проблем при Минздраве России)

Вероятностная природа радиационных воздействий и их последствий сегодня принимается во внимание не только учеными, но и практиками. Соответственно все более широкое распространение получают представления о радиационном риске как наиболее адекватном критерию для оценки последствий радиационного воздействия. Однако при вероятностном облучении индивидуальная доза может быть распределена в широком диапазоне. Поэтому необходимо рассмотреть возможность нормативной реализации известных соотношений, высказанных председателем МКРЗ Р. Кларком, по ограничению наряду с коллективным радиационным и индивидуального риска. Тем более что в настоящее время разрабатываются поправки к Федеральному закону «О радиационной безопасности населения», в том числе направленные на использование понятия радиационного риска. В пользу учета распределения радиационного риска мы уже высказывались, как и по поводу не вполне удачного, на наш взгляд, присутствия в НРБ-99 значений радиационного риска.

Действительно, общепринятое понятие радиационного риска подразумевает (здесь не будем уточнять, какой именно величины) усредненную по плотности распределения дозу. Нормирование среднего значения применительно к населению решает задачу ограничения заболеваемости и смертности от рака. При этом нормативная доза техногенного облучения, равная для населения 70 мЗв за всю жизнь, что находится на уровне природного фона, обуславливает, как известно, низкий радиационный риск 0,005. Однако при таком

риске ожидаемое число случаев смерти от радиационного рака в группе лиц из 200 человек будет равно единице, т.е. один человек из этой группы окажется жертвой радиационного воздействия, а для остальных облучение пройдет без последствий. Но в силу вероятностной природы рассматриваемого явления никогда не будет известно, какой именно человек, скончавшийся от рака, умер именно от облучения и от какого облучения: техногенного или природного. В то же время любой может предположить, что таковым окажется именно он. Причем низкий средний риск, обусловленный использованием атомной энергии, если только данный человек непосредственно в этом не заинтересован, отнюдь не примиряет с потенциальной опасностью облучения. Не успокаивает и то, что смерть наступит, скорее всего, не намного раньше, чем в отсутствие облучения.

Этот пример показывает, что надо нормировать риск того отдельного человека, на долю которого по стечению обстоятельств окажется воздействие максимальная доза облучения. Соответственно предстоит оперировать не только вероятностью превышения заданной дозы, но и распределением числа лиц конкретного контингента по радиационному риску и определять риск наиболее облучаемого лица из этого контингента.

Если имеется некоторая плотность вероятности dp/dD облучения дозой D и соответствующая плотность вероятности риска $dp/dR(D)$, то имеется и вероятность превышения заданного риска $q(R) = 1 - p(R)$. Если данное распределение риска распространяется на контингент из N человек, то $Nq(R)$ есть число людей, для которых риск не меньше R . Значение риска, начиная с которого ему подвергается только один человек, и есть интересующий нас индивидуальный риск. Для контингента из N человек вероятность превышения нормативного индивидуального риска и соответствующей дозы должна быть не более $1/N$. Таким образом, численность контингента, подвергающегося радиационному риску, приобретает дополнительное значение по отношению к своей очевидной роли в формировании коллективной дозы.

Что означает нормирование такого индивидуального риска? Это означает, что тем самым накладывается ограничение на вид распределения значений индивидуальной дозы в зависимости от N . Хорошо это или плохо?

Ясно, что чем больше контингент, на который распространяется прогноз распределения дозы, тем меньше должна быть дисперсия распределения. Иначе говоря, для большого контингента определенность прогноза о возможной радиационной обстановке должна быть высокой. В то же время для ремонтных, аварийных или каких-либо других специальных работ, проводимых небольшим числом лиц, будет приемлемой большой относительный разброс прогнозируемой дозы относительно среднего, несмотря на то, что нормативы среднего и индивидуального риска для этого вида работ, разумеется, могут быть иными, т.е. большими, чем для населения. Именно в этом, собственно, и заключаются интуитивные представления о повышенной опасности. Во всяком случае такова ситуация с нормированием радиационной безопасности космонавтов в связи с возможным облучением протонами солнечных вспышек. Так, во Временных нормах радиационной безопасности при космических полетах (ВНРБ-75), которые действовали до 1986 г., критерием была как раз доза оправданного риска, причем вероятность ее не превысить была установлена равной 0,99. Правда, для солнечных вспышек распределение флюенса и спектра протонов достаточно хорошо изучено и даже стандартизованы соответствующие модели, в то время как в наземной практике не принято пока характеризовать радиационно опасный объект вероятным распределением дозы. Однако ясно, что это необходимо для принятия решения о месте сооружения объекта и размерах санитарно-защитной зоны, а также планирования аварийных мероприятий, страхования и др.

Какие же величины, соответствующие этой концепции, уместно вносить в закон, а какие в подзаконные нормы и правила? В законе, на наш взгляд, уместно указывать только нормативные значения, относящиеся к вынужденному риску, т.е. риску (в данном случае радиационному), которому подвергаются лица помимо их воли, не будучи при этом непосредственно заинтересованными в функционировании радиационно опасных объектов и использовании атомной энергии в тех или иных технических устройствах. Иначе говоря, законом государство должно гарантировать определенный уровень (здесь мы не касаемся конкретных значений и их обоснования) безопасности именно населения.

Что касается занятых на производстве, т.е. тех, кого нормы радиационной безопасности традиционно именуют персоналом, то они выбирают риск осознанно. Причем работники многих других профессий согласны на много более высокий риск, чем тот, который в соответствии с нормами присутствует в работе с источниками ионизирующего излучения. Этот риск уместно называть оправданным в отличие от социально приемлемого. Разные мотивации могут быть причиной оправданности производственного риска для работника. В принципе это предмет коллективных договоров и тарифных соглашений. Но при этом следует отличать малый риск неспецифических отдаленных последствий и риск ближайших эффектов (точно так же и нерадиационных). Риск ближайших последствий, конечно, должен быть нормативно ограничен. В отношении радиации такую роль играют ограничения детерминированных эффектов в виде дозовых пределов эквивалентной дозы. По существу это разновидность ограничений при планируемом облучении. Чем, в конце концов, планируемое облучение при авариях, предусмотренное в НРБ-99, отличается от планирования облучения на производстве? Очевидно, что таковыми ограничениями планируемого облучения на производстве будут заметно большие значения, а не современные 20 мЗв/год. При этом закон должен обязывать

администрацию информировать работника о ближайшем и отдаленном риске на производстве, а значит, контролировать риск путем наблюдения за факторами, которые его порождают.

С изложенных позиций, как представляется, более понятна природа того критикуемого сегодня консерватизма отечественной токсикологии, который проявлялся в длительном неприятии риска. Да, для производства по существу регламентировалась вероятность ближайших эффектов при неявном допущении того, что на отдаленный риск работник решается самостоятельно. Хотя при этом его не информировали о масштабе риска. Другое дело, что такой подход неприемлем для нормирования загрязнения окружающей среды, т.е. для нормирования вынужденного риска.

Подобная коллизия наблюдается также, когда подчеркивают малость радиационного риска для населения с риском от курения и потребления алкоголя. Вынужденный (пассивный) риск не может быть предметом сравнения с сознательно принимаемым риском. Точнее, такое сравнение может убедить бросить курить или уменьшить потребление алкоголя, но не может доказать приемлемость определенного уровня облучения.

Кстати, существовавшая до 1960 г. предельно допустимая годовая доза 15 бэр как раз, пожалуй, соответствует задаче ограничения вероятности детерминированных эффектов. Осознание значимости отдаленных эффектов привело к ее снижению. Но с законодательной точки зрения в тот период государство было тождественно работодателю, а государственные льготы и привилегии (пенсии, снабжение, предоставление жилплощади, медицинское обслуживание, специальные сетки зарплаты и др.) были по существу аналогом тарифного соглашения. Сегодня иная ситуация, и концепция должна это учитывать, т.е. аналогия с тем, что было принято ранее, не уместна.

Что касается законодательного изменения в 1995 г. годового дозового предела для персонала (каковой, по нашему мнению, не должен содержаться в законах) с 50 до 20 мЗв, то оно, как известно, сделано вследствие увеличения коэффициента радиационного риска, что в свою очередь явилось плодом общемировой научной деятельности. Соответственно необходимо такое же современное научное обоснование соотношения пожизненных дозовых пределов для населения и персонала, которое длительное время сохраняется равным 14 (1000 мЗв/70 мЗв). Возможно, это различие должно быть больше, а может быть, меньше. В какой мере это различие определяется медико-биологическими причинами (помимо возрастного состава)? Насколько здесь реализуются принципы обоснованности и оптимизации? Но это уже вопросы методологии, а не концепции.

Оправданно рассмотреть также некоторые последствия обсуждаемого двумерного нормирования риска: среднего риска и вероятности превышения индивидуального риска.

Первый вопрос, который при этом возникает, заключается в том, какой контингент принимать в рассмотрение? Так, при проектировании производства персонал групп А и Б можно будет различать не только по среднему риску, но и по вероятности превышения индивидуального. Средний риск группы Б почти не отличаться от среднего риска для окружающего населения, но названная вероятность будет заметно выше, — именно это может служить основанием для того, чтобы применять в данном случае понятие «персонал». Когда облучение персонала характеризуют средней дозой, также возникает вопрос, по какому контингенту проведено усреднение? Кажется выгодным зависеть его численность, чтобы представить более благополучную картину. Но при проектировании производства с использованием в качестве критерия наряду со средним также и индивидуального риска выгодно уменьшить численность персонала категории А, поскольку при этом станет допустимой большая вероятность превышения индивидуального риска. Это создает предпосылки для саморегулирования при декларировании безопасности предприятия, использующего атомную энергию.

Нормирование вероятности превышения индивидуального риска для населения позволит последовательным образом определять размеры санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения. Известное определение защитной зоны как территории, где могут быть превышены дозовые пределы для населения, можно будет заменить на количественный норматив. Тем более что фраза «может быть» трактуется неоднозначно: или может оказаться, или имеет право быть превышенной. Здесь также важно, какая численность населения принята в рассмотрение. Потребуется учитывать вероятность случайного попадания в санитарно-защитную зону и т.п.

Двумерное нормирование подразумевает двумерный контроль. И то, что принято называть контролем радиационной обстановки, должно будет дополниться некоторым контролем риска, в том числе индивидуального. В этом случае объект контроля уместно будет называть радиационной ситуацией, поскольку в ней содержится прогноз. Прецедент такого подхода можно видеть в одном из стандартов по радиационной безопасности космических полетов — Требования к бортовому и индивидуальному дозиметрическому контролю.

Вопрос заключается также и в том, кому предстоит надзирать за индивидуальным риском и как. Представляется, что коль скоро индивидуальный риск обуславливается, главным образом, надежностью технических устройств при использовании атомной энергии, то здесь и могла бы пройти периодическая дискутируемая граница полномочий Минздрава России и Госатомнадзора России в области радиационной безопасности: средний риск в ведении первого, индивидуальный — второго.

Последствия двумерного нормирования риска не исчерпываются рассмотренными вопросами, а лишь иллюстрируются ими, чтобы обратить внимание на то, что назревающая смена концепции должна сопровождаться предварительным анализом вытекающих из нее изменений в регулировании радиационной безопасности.