

Риск-ориентированный подход в регулирующей деятельности в области ядерной и радиационной безопасности

Хамаза А.А.

ФБУ «НТЦ ЯРБ», Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, Москва

В настоящей статье обсуждается подход к регулированию ядерной и радиационной безопасности поднадзорных объектов, при котором меры, реализуемые органами государственного регулирования безопасности при использовании атомной энергии по выполнению возложенных на них полномочий, соразмерны потенциальной опасности указанных объектов. Широкое применение для решения такой задачи в мире получили риск-ориентированные подходы, использующие сочетание детерминистических и вероятностных оценок (риск-ориентированное регулирование). В статье проанализированы источники информации, которые надлежит использовать при выработке риск-ориентированных регулирующих решений (ими могут быть как результаты проводившихся регулирующим органом инспекций, так и результаты расследования нарушений в работе поднадзорных объектов, а также информация по эксплуатационной безопасности, результаты выполняемых экспертиз обоснования безопасности, результаты анализов отступлений объекта от требований действующих норм и правил, имеющийся международный опыт эксплуатации как ядерных, так и неядерных объектов и иная информация), показаны методы, которые могут быть использованы для обработки разнородной исходной информации в контексте риск-ориентированного подхода, для дифференциации поднадзорных объектов по степени потенциальной опасности, а также при выработке итогового регуливающего решения.

Ключевые слова: *объекты использования атомной энергии, регулирование безопасности, детерминистический подход, вероятностный подход, риск-ориентированная инфраструктура, риск-ориентированный подход, проблема безопасности, дифференциация, потенциальная опасность.*

В основе современной системы радиационной защиты человека лежит понятие радиационного риска. И, казалось бы, оно должно стать основой всего регулирования безопасности. Однако на этом пути есть серьёзные преграды, связанные с моделями индукции негативных последствий облучения для человека и неопределённостями уровней уже состоявшегося или прогнозируемого радиационного воздействия. Эти области являются традиционным предметом основных публикаций журнала «Радиация и риск». Вопросы применения понятия «риск» в сфере регулирования безопасности объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) на страницах журнала практически не рассматривались. Представляется важным определить общие места методологии, поскольку при единстве конечной цели (социальная приемлемость радиационных рисков для здоровья населения) и основных принципов задачи деятельности по охране здоровья человека и регулирования безопасности ОИАЭ существенно отличаются. В первом случае – это выявление эффектов и выработка мер по их предотвращению путём нормирования. Во втором – это принятие мер по снижению вероятности нарушений и аварий, а также по ограничению их последствий при эксплуатации объектов использования атомной энергии (в соответствии с выработанными на международном уровне подходами [1], при обеспечении и регулировании ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ учитываются как радиационное воздействие при нормальной эксплуатации ОИАЭ, так и радиационные риски, связанные с нарушениями в работе ОИАЭ).

Защита интересов человека и общества, связанных с использованием атомной энергии, реализуемая посредством государственного регулирования ядерной и радиационной безопасности, всегда осуществляется в условиях конечности ресурсов – финансовых, трудовых, научно-технических и других. Встает вопрос – как использовать имеющиеся у органа государственного регулирования безопасности ресурсы, чтобы регулирование безопасности было максимально эффективным. В условиях нашей страны – страны с развитой мирной ядерной программой – данная задача является весьма нетривиальной, так как государственное регулирование ядерной и радиационной безопасности должно осуществляться в отношении значительного количества разнородных (требующих разных подходов к регулированию) объектов использования атомной энергии: блоков атомных станций, исследовательских ядерных установок, критических и подкритических стенов, ядерных установок судов, предприятий ядерного топливного цикла, пунктов хранения радиоактивных отходов (РАО), радиационных источников и других (см. рис. 1).





34 блока эксплуатируемых АЭС 4 блока АЭС, окончательно остановленных для вывода из эксплуатации 20 блоков АЭС на этапе размещения и сооружения	
32 предприятия ядерного топливного цикла (около 300 объектов) промышленные реакторы, Хранилища ОЯТ, жидких и твердых РАО (около 260 объектов)	
75 исследовательских ядерных установок Около 6500 радиационных источников	
10 судов с ядерными установками, 6 вспомогательных судов атомного флота 2 хранилища РАО, 1 плавучее хранилище РАО 1 плавучая АЭС (сооружается)	

Рис. 1. Объекты использования атомной энергии, поднадзорные органу государственного регулирования безопасности (Ростехнадзору).

Причём даже объекты одного вида, например, блоки атомных станций, могут относиться как к совершенно различным типам (блоки АЭС с водо-водяными, водно-графитовыми, быстрыми натриевыми реакторами), так и к различным поколениям (блоки АЭС первого поколения, проектировавшиеся 40-50 лет назад, блоки второго поколения с более современной концепцией обеспечения безопасности и блоки третьего поколения с развитыми свойствами самозащитности), что в значительной степени определяет существенно разное состояние ядерной и радиационной безопасности этих объектов (разную величину потенциальной опасности, а также разные составляющие этой опасности – «профиль риска») и, соответственно, требует разных подходов к регулированию их безопасности.

Российский федеральный закон «Об использовании атомной энергии» [2] устанавливает, что меры, реализуемые органами государственного регулирования безопасности по выполнению возложенных на них полномочий, должны быть соразмерны потенциальной опасности ОИАЭ (или, другими словами, соразмерны радиационным рискам для персонала, населения и окружающей среды, связанным с нарушениями, в том числе авариями, в работе поднадзорных ОИАЭ).

Для того, чтобы в соответствии с указанными требованиями закона, уделять тем более пристальное внимание ОИАЭ при регулировании безопасности, чем большую потенциальную опасность он имеет (чем выше связанные с ним радиационные риски), необходимо соответствующим образом дифференцировать (ранжировать) поднадзорные ОИАЭ.

Здесь можно говорить о следующих видах дифференциации:

- дифференциация разновидовых ОИАЭ (дифференциация верхнего уровня, которая позволяет регулирующему органу определить приоритеты по регулированию безопасности ОИАЭ разных видов – например, насколько больше выделять ресурсов на регулирование безопасности атомных станций по сравнению с промышленными рентгеновскими установками);
- дифференциация различных аспектов (тематических областей) обеспечения ядерной и радиационной безопасности на конкретном ОИАЭ (позволяет эффективно распределить ресурсы, выделяемые на регулирование безопасности конкретного ОИАЭ, сконцентрировав основное внимание на тех аспектах, которые в условиях конкретного ОИАЭ обуславливают его большую потенциальную опасность)¹.

В первом из указанных выше направлений в России уже сделаны определённые шаги – так, последними изменениями в упомянутом выше законе [2] исключены требования лицензирования радиационных источников четвёртой и пятой категорий радиационной опасности. Логичным следующим шагом в данном направлении мог бы стать отказ от лицензирования организаций, оказывающих услуги эксплуатирующим организациям (это, помимо снижения нагрузки на орган регулирования, способствовало бы более полной реализации установленной в законе [2] и международных документах – в частности, в Конвенции [3] – ответственности эксплуатирующей организации за обеспечение безопасности).

Остановимся на втором направлении. Дифференциация различных аспектов (тематических областей) обеспечения ядерной и радиационной безопасности по потенциальной опасности на конкретном ОИАЭ может применяться при выработке регулирующих решений самого различного вида:

- решения о периодичности проведения и тематике инспекций поднадзорных ОИАЭ;
- установление в рамках процедуры лицензирования² требований к эксплуатирующей организации по приоритетности осуществления мероприятий по устранению (компенсации) дефицитов безопасности в зависимости от оценённого риска (потенциальной опасности), связанного с каждым из выявленных таких дефицитов;
- определение приоритетов выполнения тех или иных исследований в рамках научно-технической поддержки регулирующей деятельности специализированными организациями.

Для достижения максимальной обоснованности и взвешенности принимаемых регулирующих решений необходимо, чтобы при их выработке учитывалась (тем или иным образом), по возможности, вся имеющаяся в распоряжении органа регулирования разноплановая информация, характеризующая безопасность (потенциальную опасность) ОИАЭ. Такой подход реко-

¹ Совокупная оценка потенциальной опасности различных тематических областей конкретного ОИАЭ, кроме того, даёт представление о потенциальной опасности данного ОИАЭ среди ОИАЭ того же вида – например, о потенциальной опасности блока АЭС по сравнению с другими поднадзорными блоками атомных станций (такая оценка может использоваться для определения того, какие поднадзорные объекты из числа однородных требуют большего регулирующего внимания и ресурсов, а какие – меньшего).

² Порядок осуществления которой установлен в [4].

мендуется, в частности, в авторитетном обзоре практики регулирования в странах с развитой атомной энергетикой [5]. Следует учитывать, в частности, следующую информацию:

- результаты ранее проводившихся органом регулирования инспекций (пример методологии, используемой для оценок значимости результатов инспекций, представлен в [6]);
- результаты расследования нарушений в работе отечественных ОИАЭ, определения коренных и непосредственных причин, вызвавших нарушения (методика расследования нарушений, включающая, в том числе, и оценку их значимости, в настоящее время хорошо проработана, см., например, требования федеральных норм и правил в области использования атомной энергии [7]);
- информация об эксплуатационной безопасности ОИАЭ. Например, для АЭС такая информация предоставляется органу регулирования в соответствии с требованиями стандарта [8] и включает сведения о состоянии физических барьеров на пути распространения радиоактивных веществ в окружающую среду, готовности систем безопасности, устойчивости работы блоков АЭС, выработке проектного ресурса, выполнении работ по техническому обслуживанию и ремонту систем и элементов АЭС, важных для безопасности, ведении водно-химического режима (важный аспект, оказывающий непосредственное влияние на состояние упоминавшихся физических барьеров), состоянии радиационной безопасности при эксплуатации АЭС и ряд других;
- результаты экспертиз обоснований безопасности ОИАЭ, выполняемых в соответствии с Административным регламентом [9] в рамках процедуры лицензирования деятельности в области использования атомной энергии;
- результаты анализа отступлений ОИАЭ от требований действующих нормативных документов с ранжированием значимости имеющихся отступлений (подобный анализ может осуществляться, например, в соответствии с методологией, изложенной в руководстве [10], реализующем риск-ориентированный подход, схожая методология использовалась МАГАТЭ при разработке отчёта по анализу проблем безопасности атомных станций с реакторами типа ВВЭР и РБМК [11]);
- иная информация – например, информация о нарушениях в работе зарубежных ОИАЭ (яркий пример – авария на АЭС «Фукусима-Дайичи», Япония в 2011 г. (см. [12, 13]), по результатам анализа которой российским органом регулирования, как и регулирующими органами многих других стран, было принято решение о необходимости проведения дополнительных анализов защищенности АЭС от экстремальных внешних воздействий – т.н. «стресс-тестов»; ещё один пример – нарушения в структуре металла корпуса реактора на АЭС Дюль, Бельгия, выявленные в 2012 г. [14], вызвавшие необходимость учитывать эту информацию в деятельности российского регулирующего органа); нарушений в работе объектов промышленности и традиционной энергетики (например, обесточивание Москвы в 2005 г. поставило вопрос, насколько высоковольтное оборудование российских ядерных установок защищено от отказов типа взрыва измерительных трансформаторов тока и напряжения), новые результаты научных исследований и другие.

Все указанные выше источники получения информации могут давать сигнал о наличии той или иной проблемы, связанной с обеспечением безопасности поднадзорного ОИАЭ. При этом каждую из таких проблем можно отнести к одному из аспектов (тематических областей) обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Примерами таких областей являются, например, обеспечение качества сварных соединений и основного металла оборудования, важно-

го для безопасности, работающего под давлением; готовность к реализации планов защиты персонала при авариях; обеспечение сейсмостойкости систем и элементов, важных для безопасности; готовность к управлению тяжелыми авариями и другие. Для того чтобы осуществить дифференциацию по степени потенциальной опасности тематических областей анализируемого ОИАЭ, необходимо каждой из выявленных указанным выше образом проблем дать оценку её влияния на безопасность ОИАЭ.

Для выполнения таких оценок современная международная практика рекомендует (см., например, [15]) применять риск-ориентированные методы, основанные на использовании сочетания детерминистических и вероятностных оценок. При использовании такого рода методов в процессе формирования заключения о влиянии на безопасность ОИАЭ того или иного события, той или иной проблемы принимаются во внимание как вероятностные показатели (например, оценивается вероятность, с которой анализируемая проблема может вызывать на ОИАЭ тяжёлую аварию), так и детерминистические соображения: насколько сохраняют свою эффективность физические барьеры на пути распространения радиоактивных веществ в окружающую среду и меры по защите этих барьеров, насколько полно реализуется глубокоэшелонированная защита (ГЭЗ) ОИАЭ, насколько выявленная проблема свидетельствует об отступлении от общепринятой практики обеспечения ядерной и радиационной безопасности. Оценка детерминистических аспектов, как правило, проводится экспертно, в то время как оценка вероятностных показателей – численно. При отсутствии возможности использовать расчётные модели для оценки вероятностных показателей они тоже заменяются экспертными оценками (такой подход к анализу проблем безопасности апробирован в российской регулирующей практике, его методика изложена, в частности, в [10]).

Общий порядок использования риск-ориентированного подхода для рассматриваемой нами задачи представлен на рис. 2 (адаптированный вариант порядка, представленного в [15]).

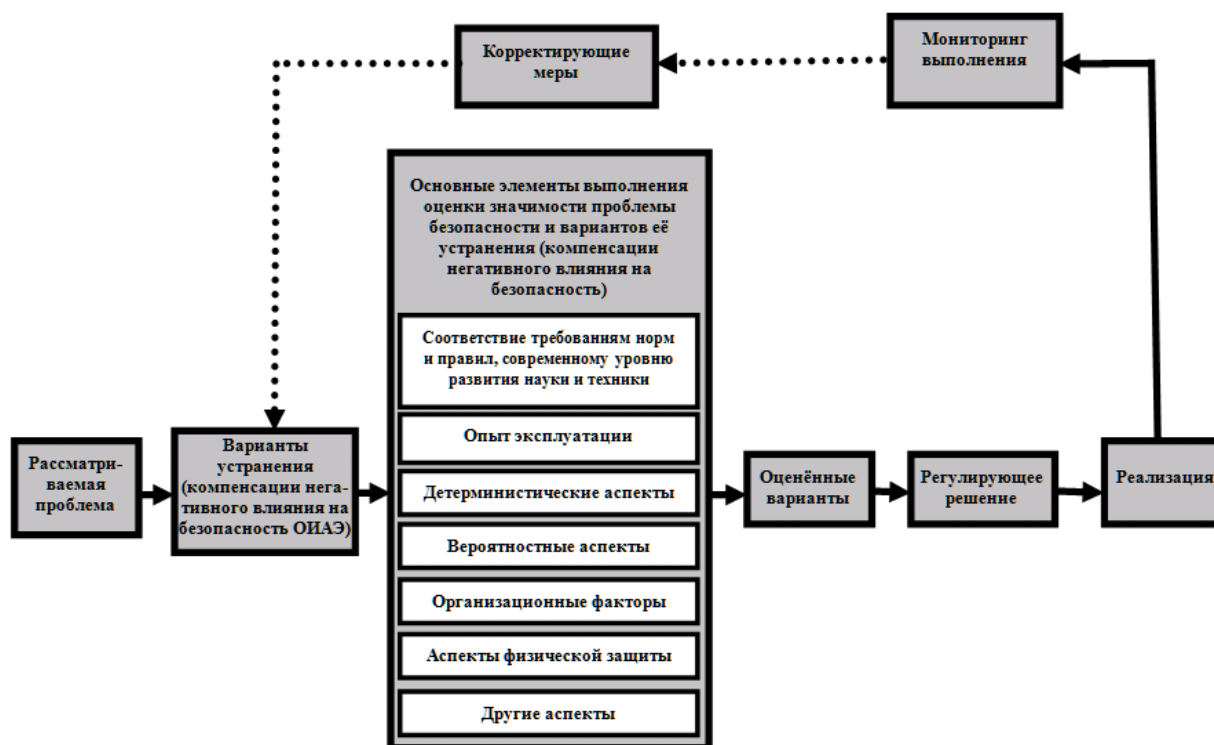


Рис. 2. Общий порядок оценки потенциальной опасности выявленной на ОИАЭ проблемы и принятия регулирующего решения на основе риск-ориентированного подхода.

Казалось бы – зачем нам детерминистические соображения, почему не ограничиться численными оценками, получаемыми вероятностными методами, которые можно напрямую трактовать как меру потенциальной опасности ОИАЭ? Необходимость учёта при определении потенциальной опасности имеющихся на ОИАЭ проблем помимо вероятностных также и детерминистических соображений обусловлена следующими ограничениями вероятностных методов:

- неопределённостями, связанными с оценкой вероятности крайне редких событий, не наблюдававшихся при эксплуатации ОИАЭ (например, разрыв корпуса ядерного реактора, работающего под давлением), или число наблюдений которых статистически недостаточно;
- неопределённостями, связанными с моделированием поведения персонала ОИАЭ (в особенности, оценок вероятности принятия персоналом ошибочных решений);
- неопределённостями, связанными с моделированием так называемых отказов по общим причинам (то есть с оценкой степени корреляции потоков отказов резервируемых элементов, напрямую не учитываемой в вероятностных моделях).

Меру нашего незнания, связанного с численными оценками, получаемыми вероятностными методами, при использовании вероятностных методов, мы компенсируем привлечением в процесс принятия решения помимо вероятностных, также и детерминистических соображений.

Каковы практические шаги по внедрению риск-ориентированных методов в практику органа регулирования ядерной и радиационной безопасности?

Начнем с инспекционной деятельности. Для облегчения оценки инспекторами органа регулирования на местах значимости результатов инспекций наиболее рациональной представляется разработка специальных опросных листов, индивидуальных для каждого ОИАЭ, позволяющих производить первоначальный отсев результатов инспекций (по результатам применения указанных опросных листов конкретизируется область, к которой относится выявленный при инспекции недостаток и устанавливается, имеет ли выявленный недостаток потенциально значимое влияние на безопасность ОИАЭ или подлежит исключению из дальнейшего анализа). Значимость оставшихся после отсеивания проблем оценивается самими инспекторами с использованием предварительно разработанных специалистами, владеющими вероятностными моделями соответствующих ОИАЭ, матриц значимости (в последних аккумулируются как экспертные оценки, так и оценки, делаемые с использованием имеющихся логико-вероятностных моделей). В отдельных случаях, когда оценка значимости выявленной проблемы с использованием указанных матриц инспекторами затруднена, она может производиться более квалифицированными специалистами, например, из организации научно-технической поддержки органа регулирования, способными разрабатывать, модифицировать и применять вероятностные модели ОИАЭ.

Подход, принципиально похожий на описанный выше, для ранжирования результатов инспекций, используется по отношению к атомным станциям в практике Комиссии по ядерному регулированию США и описан в [6]. Для этого в методических документах американского надзорного органа выделяются семь тематических направлений: 1) исходные события; 2) системы, ограничивающие последствия исходных событий; 3) целостность физических барьеров; 4) аварийная готовность; 5) радиационная защита персонала; 6) радиационная защита населения; 7) физическая защита. Часть из этих направлений оценивается без использования вероятностных методов (посредством экспертных оценок), а часть – с привлечением вероятностных моделей. Для представления оценки значимости результатов инспекции используется шкала с четырьмя градациями (зелёный, белый, жёлтый, красный уровни).

Оценку риск-ориентированными методами значимости проблем безопасности, связанных с нарушениями в работе ОИАЭ, возможно производить силами организации научно-технической поддержки регулирующего органа. При этом могут использоваться вероятностные оценки имевших место нарушений, выполняемые эксплуатирующей организацией (для ряда видов ОИАЭ это уже требуется действующими федеральными нормами и правилами, в частности, для атомных станций такие требования содержатся в НП-004-08 [7]).

Состояние эксплуатационной безопасности ОИАЭ для целей дифференциации по степени потенциальной опасности также можно учитывать с использованием риск-ориентированных методов (пример выполнения таких оценок представлен РБ-091-13 [16], однако представленная в [16] методика нуждается в доработке таким образом, чтобы области оценки (аспекты обеспечения безопасности), применяемые в ней, соответствовали номенклатуре областей оценки, используемых, в частности, в опросных листах для оценки значимости результатов инспекций, упомянутых ранее (это необходимо для возможности учёта информации, получаемой из разных источников для оценивания одной и той же области).

По результатам экспертиз обоснований безопасности, выполняемых экспертной организацией, привлекаемой регулирующим органом, выявляются отступления от требований норм и правил в области использования атомной энергии, которые, после предварительного отсева, могут быть оценены с точки зрения влияния на безопасность и отнесены к одной из тех же предметных областей, что и области, установленные в опросных листах для оценки значимости результатов инспекций. Значимость проблем может быть оценена с использованием методики, аналогичной представленной в РБ-028-04 [10], учитывающей как вероятностные (с какой вероятностью имеющееся отступление может привести к событию с радиационными последствиями и каков масштаб этих последствий), так и детерминистические аспекты (насколько отступление затрагивает физические барьеры на пути распространения радиоактивных веществ и ионизирующего излучения в окружающую среду, а также средства по защите этих барьеров, как отступление влияет на глубокоэшелонированную защиту ОИАЭ), связанные с отступлением от требований правил. Порядок назначения категории значимости различным проблемам безопасности в соответствии с РБ-028-04 [10] проиллюстрирован на рис. 3.

Вероятность возникновения последствий	Категория значимости радиационных последствий								
	Допустимые			Значительные			Недопустимые		
	Выполнение функций барьером/уровнем ГЭЗ			Выполнение функций барьером/уровнем ГЭЗ			Выполнение функций барьером/уровнем ГЭЗ		
	надёжное	адекватное	неадекватное	надёжное	адекватное	неадекватное	надёжное	адекватное	неадекватное
КАТЕГОРИЯ ВАЖНОСТИ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ									
Ожидаемая ($>10^{-2}$ 1/год)	Н	Н	С	С	В	В	В	В	В
Возможная ($10^{-4} \dots 10^{-2}$ 1/год)	Нз	Нз	Н	Н	С	В	С	С	В
Маловероятная ($10^{-6} \dots 10^{-4}$ 1/год)	Нз	Нз	Нз	Нз	Н	Н	Н	Н	С
Крайне маловероятная ($<10^{-6}$ 1/год)	Нз	Нз	Нз	Нз	Нз	Нз	Нз	Н	Н

Обозначение категорий важности: Нз – незначительная, Н – низкая, С – средняя, В – высокая.

Рис. 3. Матрица определения категории значимости проблем безопасности в соответствии с риск-ориентированным подходом, представленным в РБ-028-04 [10].

Таким образом, на сегодняшний день методически понятно, каким образом можно оценить (менее точно или более точно) потенциальную опасность любой из выявленных тем или иным способом проблем, связанных с обеспечением безопасности поднадзорного ОИАЭ – выше были показаны возможные пути выполнения таких оценок.

Для выработки дифференцированных в зависимости от потенциальной опасности ОИАЭ (потенциальной опасности того или иного аспекта безопасности на конкретном ОИАЭ) регулирующих решений с учётом всей совокупности имеющихся оценок проблем безопасности, выявленных одним из перечислявшихся выше способом, целесообразной является разработка базы данных, в которой аккумулируются сделанные оценки потенциальной опасности ОИАЭ, а также рекомендаций по совместному учёту полученных из разных источников оценок имеющихся проблем безопасности.

Заключение

Дифференцированный в зависимости от потенциальной опасности ОИАЭ (либо в зависимости от потенциальной опасности отдельных аспектов обеспечения безопасности на конкретном ОИАЭ) подход к регулированию ядерной и радиационной безопасности реализуем, методически понятен. Положительным эффектом от реализации такого подхода на практике является повышение эффективности регулирующей деятельности – обеспечение повышенного внимания к тем ОИАЭ и тем отдельным областям, связанным с обеспечением безопасности, потенциальная опасность которых на сегодняшний день больше. Внедрение риск-ориентированного подхода в деятельность российского регулирующего органа может быть осуществлена поэтапно. Наиболее разумным представляется апробация данного подхода для одной АЭС (начать представляется уместным именно с атомных станций, как с ОИАЭ, для которых наибольшее развитие получили вероятностные модели и применение вероятностных методов), потом применение этого подхода может быть распространено на другие атомные станции, а затем и на другие поднадзорные ОИАЭ.

Для реализации указанного подхода на практике требуется разработка необходимых методических документов, рабочих документов для инспекторов, баз данных и других элементов «риск-ориентированной инфраструктуры» регулирующего органа, перечисленных выше, а также их последующее поддержание.

Литература

1. Нормы МАГАТЭ по безопасности. основополагающие принципы безопасности. Основы безопасности № SF-1. Вена: МАГАТЭ, 2007.
2. Федеральный закон № 170-ФЗ от 21.11.1995 г. «Об использовании атомной энергии». М., 1995.
3. Конвенция о ядерной безопасности. Принята в 1994 году на Дипломатической конференции, созданной МАГАТЭ в Вене. Вена: МАГАТЭ, 1994.
4. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2013 г. № 280 «О лицензировании деятельности в области использования атомной энергии». М., 2013.
5. Цели регулирования при обеспечении ядерной безопасности. Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития. Париж, 2008.
6. **Букринский А.М.** Определение значимости результатов инспекций, осуществляемых персоналом NRC, в процессе реакторного надзора //Ядерная и радиационная безопасность. 2009. № 3. С. 7-14.
7. Положение о порядке расследования и учёта нарушений в работе атомных станций НП-004-08. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008.
8. СТО 1.1.1.04.001.0143-2009. «Стандарт организации. Положение о годовых отчётах по оценке состояния безопасной эксплуатации энергоблоков атомных станций», утверждённое приказом концерна «Росэнергоатом» № 1394 от 21.12.2009 г. М.: Росэнергоатом, 2009.
9. Административный регламент предоставления федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору государственной услуги по лицензированию деятельности в области использования атомной энергии. Утверждён приказом Ростехнадзора от 8 октября 2014 г. № 453. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2014.
10. Руководство по безопасности в области использования атомной энергии. Анализ несоответствий блока атомной станции требованиям действующих нормативных документов. РБ-028-04. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2004.
11. Проблемы безопасности атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000/320 и приоритеты их решений. Публикация внебюджетной программы МАГАТЭ по безопасности АЭС с реакторами ВВЭР и РБМК. IAEA-EBP-WWER-05. Март 1996.
12. Краткий отчёт о результатах дополнительных анализов защищённости действующих российских АЭС от внешних экстремальных воздействий //Ядерная и радиационная безопасность. 2012. № 1(63). С. 7-9.
13. **Ланкин М.Ю., Хамаза А.А., Шарафутдинов Р.Б., Мирошниченко М.И.** О некоторых аспектах обоснования безопасности атомных станций (Уроки аварии на АЭС «Фукусима-Дайичи») //Ядерная и радиационная безопасность. 2012. № 1(63). С. 40-48.
14. Report Activities in WENRA countries following the Recommendation regarding flaw indications found in Belgian reactors. WENRA. December, 2014.
15. Структура процесса принятия решений на основе комплексного риск-ориентированного подхода. INSAG-25. Доклад Международной группы по ядерной безопасности. Вена: МАГАТЭ, 2014.
16. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Оценка текущего уровня безопасности объектов использования атомной энергии» (РБ-091-13).

Application of integrated risk for making decision on nuclear and radiation safety management

Khamaza A.A.

Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety
Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service, Moscow

The article discusses framework for development of nuclear and radiation safety measures adequate to a potential danger of nuclear power plants. The method for integrating deterministic and probabilistic estimates, is widely used for these purposes. The article examines sources of information, which must be used for making integrated risk based informed decision. The following can be used as information sources: results of on-site inspection carried out by a regulatory agency, investigations of blackout in nuclear power plants, as well as information on operational safety, expert analysis of reliability substantiation, results of examining departures from valid standards and rules, exploiting international good practice in operation of nuclear and non-nuclear facilities and other relevant information. The article presents methods that could be used for processing various types of source information necessary for the estimating integrated risk, ranking the facilities according to the extent of their danger and final regulatory decision making.

Key words: nuclear power plants, safety management, deterministic approach, probabilistic approach, framework for integrated risk, safety issues, differentiation, potential danger.

References

1. *Fundamental Safety Principles. Safety Fundamentals*. № SF-1. Vienna, IAEA, 2007.
2. *Federalny zakon № 170-FZ ot 21.11.1995 «Ob ispolzovanii atomnoy energii»* [Federal law 21.11.1995, no. 170-FZ «Concerning the use of nuclear power»]. Moscow, 1995.
3. *Convention on Nuclear Safety*. Vienna, IAEA, 1994.
4. *Postanovlenie Pravitelstva RF ot 29.03.2013 № 280 «O litsenzirovaniy deyatelnosti v oblasti ispolzovaniy atomnoy energii»* [Russian Federation Government resolution 29.03.2013 no. 280 «On licensing activities in the field of atomic energy use»]. Moscow, 2013.
5. *Goals of regulatory work in nuclear safety*. Paris, OECD/CNRA, 2008.
6. **Bukrinskiy A.M.** *Opredelenie znachimosti rezultatov inspektsyi, osuschestvlyemykh personalom NRC, v processe reaktornogo nadzora* [The definition of significance of NRC personal inspections results in process of reactor oversight]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopasnost – Nuclear and Radiation Safety*, 2009, no. 3, pp. 7-14.
7. *Polozhenie o poryadke rassledovaniya b ucheta narusheniy v rabote atomnykh stantsiy NP-004-08* [Provision on the procedure of investigation and accounting of operational occurrences at nuclear power plants NP-004-08]. Moscow, Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service, 2008.
8. *STO 1.1.1.04.001.0143-2009 «Standart organizatsii. Polozhenie o godovykh otchetakh po otcenke sostoyaniya bezopasnoy ekspluatatsii energoblokov atomnykh stantsiy»* [STO 1.1.1.04.001.0143-2009 «The organization standard. Provision on annual reports on assessment of the condition of power units safe operation at nuclear power plants»]. Moscow, Rosenergoatom, 2009.
9. *Administrativny reglament predostavleniya federalnoy sluzhboy po ekologicheskemu, tekhnologicheskemu i atomnomu nadzoru gosudarstvennoy sluzhi po litsenzirovaniyu deyatelnosti v oblasti ispolzovaniya atomnoy energii (prikaz ot 08.10.2014 no. 453)* [Administrative procedures for the public service of licensing activities in the field of atomic energy use to be provided by the Federal Environmental, Industrial and Nu-

Khamaza A.A. – Director of Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety.

*Contacts: 2/8, bld. 5 Malaya Krasnoselskaya st., Moscow, Russia, 634028. Tel.: 8-499-264-00-03, e-mail: secnrs@secnrs.ru.

- clear Supervision Service (order 08.10.2014 no 453)]. Moscow, Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service, 2014.
10. *Rukovodstvo po bezopasnosty v oblasti ispolzovaniya atomnoy energii. Analiz nesootvetstviy bloka atomnoy stantsii trebovaniyam deystvuyuschikh normativnykh dokumentov. RB-028-04* [Safety guide in the area of atomic energy usage. The analysis of power unit mismatch to ongoing regulatory documents. RB-028-04]. Moscow, Federal Environmental, Industrial and Nuclear Supervision Service, 2004.
 11. *Safety Issues and their Ranking for WWER-1000/320 NPPs*. IAEA-EBP-WWER-05. Vienna, IAEA, 1996.
 12. *Kratkiy otchet o rezultatakh dopolnitelnykh analizov zaschischennosti deystvuyuschikh rossiiskikh AES ot vneshnikh ekstrimalnykh vozdeistviy* [Executive summary on results of additional analyses of a degree of protection of Russia's operating NPPs with regard to external extreme impacts]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopastnost – Nuclear and Radiation Safety*, 2012, no. 1(63), pp. 7-9.
 13. **Lankin M.U., Khamaza A.A., Charafoutdinov R.B., Miroshnichenko M.I.** O nekotorykh aspektakh obosnovaniya bezopasnosty atomnikh stantsiy (Uroki avarii na AES «Fukusima-Daichi») [About some aspects of safety cases on nuclear power plants (The lesson learned from the accident at the “Fukushima Daiichi” nuclear plant)]. *Yadernaya i radiatsionnaya bezopastnost – Nuclear and Radiation Safety*, 2012, no. 1(63), pp. 40-48.
 14. *Report Activities in WENRA countries following the Recommendation regarding flaw indications found in Belgian reactors*. WENRA, 2014.
 15. *A Framework for an Integrated Risk Informed Decision Making Process a Report by the International Nuclear Safety Group*. INSAG-25. Vienna, IAEA, 2014.
 16. *Rukovodstvo po bezopasnosty pri ispolzovanii atomnoy energii «Otsenka tekushego urovniay bezopasnosti obektov ispolzovaniya atomnoy energii» RB-091-13* [Safety guide in the area of atomic energy usage. Assessment of the current level of safety for nuclear facilities RB-091-13]. Vienna, IAEA, 2014.