

РАДИАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ АВАРИЙ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

В.А. Кутьков*, В.В. Ткаченко**

* НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва;

** Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, г. Обнинск.



Рассмотрены международные рекомендации относительно защиты населения при аварии на объектах использования атомной энергии. Сравнение системы норм и правил Российской Федерации, регламентирующих радиационную защиту персонала и населения в случае радиационной аварии на АС, с соответствующими международными рекомендациями показывает, что система, принятая в Российской Федерации, не полна и требует ревизии нормативной базы для приведения ее в соответствие со стандартами безопасности МАГАТЭ.

Ключевые слова: радиационная авария; аварийное планирование; стандарты безопасности; атомная электростанция.

Key words: radiation emergencies; emergency planning; safety standards; nuclear power plant.

ВВЕДЕНИЕ

Устав Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) уполномочивает Агентство содействовать безопасному и мирному использованию ядерной энергии. Деятельность МАГАТЭ в области обеспечения адекватной готовности и реагирования государств-членов на радиационные аварийные ситуации определяется обязанностями, вытекающими из Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации [1], депозитарием которой является МАГАТЭ. Конвенция укрепляет систему международного реагирования в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации, включая террористические акты и другие злоумышленные действия, обеспечивая функционирование механизма взаимной помощи в целях сведения к минимуму последствий таких аварий или аварийных ситуаций, и для защиты жизни, имущества и окружающей среды от воздействий радиоактивных выбросов. Статья 5.a ii) Конвенции возлагает на МАГАТЭ обязанность собирать и распространять среди государств-участников Конвенции и государств-членов МАГАТЭ информацию о методических принципах, способах проведения и имеющихся результатах исследований, относящихся к радиационным аварийным ситуациям. Для выполнения этих функций МАГАТЭ разрабатывает международные стандарты безопасности в области обеспечения готовности и реагирования на радиационные аварии. Опыт показывает, что следование международным стандартам позволяет эффективно защитить население за пределами площадки АС даже в условиях чрезвычайно тяжелой ядерной аварии.

© В.А. Кутьков, В.В. Ткаченко, 2011

МЕЖДУНАРОДНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВАРИЙНОЙ ГОТОВНОСТИ И РЕАГИРОВАНИЯ НА РАДИАЦИОННЫЕ АВАРИИ

В 2002 г. МАГАТЭ выпустило Требования по безопасности GS-R-2 [2], которые затем были дополнены руководствами по безопасности GS-G-2.1 [3] и GSG-2, [4]. Эти документы образуют систему международных стандартов безопасности в области аварийной готовности и аварийного реагирования. Во главе этой системы находятся Основополагающие принципы безопасности SF-1 [5], а практические руководства из серии «Аварийная готовность и реагирование» формируют практические рекомендации относительно путей внедрения стандартов МАГАТЭ в национальную практику. Иерархия документов МАГАТЭ в области обеспечения аварийной готовности и реагирования на радиационные аварии, представлена на рис. 1.

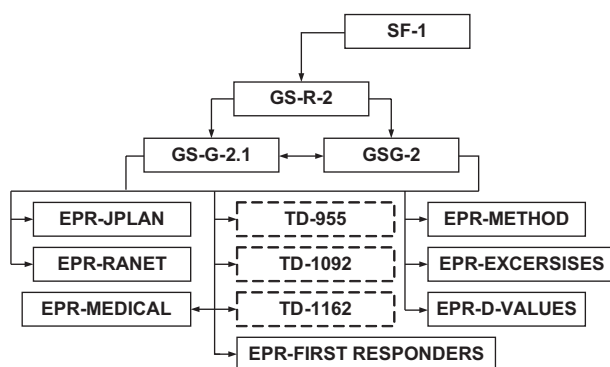


Рис. 1. Иерархия документов МАГАТЭ в области обеспечения аварийной готовности и реагирования на радиационные аварии

Международные требования к обеспечению готовности и реагирования на радиационные аварии [2] определяют практические цели готовности и реагирования на радиационные аварийные ситуации следующим образом:

- восстановить контроль над ситуацией;
- предпринять восстановительные меры на месте события;
- предотвратить детерминированные эффекты;
- оказать первую помощь и лечить радиационные поражения;
- уменьшить в разумной степени возникновение стохастических эффектов;
- уменьшить в разумной степени возникновение нерадиологических эффектов;
- защитить в разумной степени окружающую среду;
- подготовить в разумной степени возобновление нормальной жизнедеятельности.

Для достижения целей аварийной готовности и аварийного реагирования МАГАТЭ устанавливает систему

- категорирования объектов использования атомной энергии по степени радиологической угрозы, в которую входят три категории установок, а также два вида практической деятельности [2, 3];
- классификации аварийных ситуаций на объектах использования атомной энергии [2];
- аварийного зонирования территории вокруг потенциально опасных объектов для планирования защитных мер [3];
- критериев для проведения мер защиты населения и персонала в ситуации аварийного облучения, возникшей вследствие радиационной аварийной ситуации [4].

Требования, предъявляемые к национальной системе обеспечения аварийной готовности и аварийного реагирования, разъясняют и дополняют следующие руководства:

- EPR-METHOD [6], представляющее практическую информацию для целей аварийного планирования; при эффективном использовании эта публикация поможет пользователям укрепить потенциал надлежащего реагирования в радиационной аварийной ситуации;
- EPR-EXERCISES [7], являющееся практическим пособием при подготовке, проведении и оценке учений, задачей которых является проверка и поддержание готовности реагирования в случае радиационной аварийной ситуации;
- EPR-D-VALUES [8], представляющее практическую информацию для целей оценки радиологической опасности, связанной с радиоизотопными источниками.

Требования, предъявляемые к международной системе аварийного реагирования, разъясняют и дополняют следующие руководства:

- EPR-JPLAN [9], представляющее основу для аварийных планов международных организаций, участвующих в реагировании; эта совместная публикация, подготовленная 15 международными организациями, определяет их роли и обязанности, концепцию действий во время аварии, а также взаимосвязь между ними и государствами-членами МАГАТЭ;
- EPR-RANET [10], являющееся инструментом для поддержки предоставления международной помощи в случае радиационной аварии; сотрудничества между государствами, их компетентными органами и МАГАТЭ в случае радиационной аварии; согласования возможностей реагирования на аварии государствами, предлагающими помощь через специальную международную сеть аварийного реагирования и помощи (RANET).

Требования, предъявляемые к организациям, участвующим в аварийном реагировании, разъясняют и дополняют следующие руководства:

- EPR-FIRST RESPONDERS [11], содержащее практические материалы для лиц, принимающих ответные меры в течение первых нескольких часов после возникновения радиологической аварийной ситуации, и для национальных должностных лиц, оказывающих поддержку этим мерам оперативного реагирования;
- TD-955 [12], представляющее методики, инструкции и данные, необходимые для оценки последствий аварии на АС на всех этапах аварийной ситуации: до выброса радиоактивных материалов, в процессе выброса и после него;
- EPR-MEDICAL [13], обеспечивающее практические инструменты и общие процедуры для использования персоналом экстренной медицинской помощи при радиационной аварийной ситуации;
- TD-1092 [14], содержащее практические рекомендации по проведению мониторинга окружающей среды и источника во время ядерной или другой радиационной аварийной ситуации;
- TD-1162 [15], представляющее методики, инструкции и данные, необходимые для осуществления начального этапа реагирования на радиологическую аварию, не связанную с атомным реактором.

Определение радиологических угроз является основой обеспечения аварийной готовности. Системы категорирования объектов и зонирования окружающей их территории совместно с системой мер аварийного реагирования внедряются на стадии обеспечения готовности к реагированию на радиационные аварии. На стадии обеспечения готовности для каждого типа аварии определяются также меры защиты населения и персонала, которые необходимо безотлагательно проводить в той или иной аварийной зоне, географические границы которой определяются на стадии обеспечения аварийной готовности.

В таблице 1 представлена рекомендуемая МАГАТЭ классификация объектов использования атомной энергии по степени радиологической угрозы. В ее основе лежит опыт анализа происшедших аварий вместе с теоретическими оценками, опирающимися на моделирование тяжелых запроектных аварий [6]. Согласно этой классификации, все без исключения АС следует относить к объектам I категории радиологической угрозы.

В стандартах по безопасности GS-G-2.1 [3] приведены характерные размеры зон аварийного планирования вокруг АС и других объектов, относящихся к первой категории угрозы. Рекомендуемые размеры зон аварийного планирования приведены в табл. 2. Размеры зон определяются возможными эффектами аварийного облучения населения, проживающего за пределами промплощадки.

Таблица 1

Категории радиологической угрозы [2]

Категория угрозы	Описание
I	Установки, такие как АС, для которых события на площадке (включая весьма маловероятные события) постулируются как могущие привести к серьезным детерминированным эффектам для здоровья за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как происшедшие на аналогичных установках
II	Установки, такие как некоторые типы исследовательских реакторов, для которых события на площадке постулируются как могущие привести к дозам облучения людей за пределами площадки, требующим принятия срочных защитных мер в соответствии с международными нормами, или для которых такие события зафиксированы как происшедшие на аналогичных установках. Категория угрозы II (в противоположность категории угрозы I) не охватывает установки, для которых события на площадке (включая весьма маловероятные события) постулируются как могущие привести к серьезным детерминированным эффектам для здоровья за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как происшедшие на аналогичных установках
III	Установки, такие как промышленные облучательные установки, для которых события на площадке постулируются как могущие привести к дозам или радиоактивному загрязнению, которые требуют принятия срочных защитных мер на площадке, или для которых такие события зафиксированы как происшедшие на аналогичных установках. Категория угрозы III (в противоположность категории угрозы II) не охватывает установки, для которых события постулируются и которые могут требовать принятия срочных защитных мер за пределами площадки или для которых такие события зафиксированы как происшедшие на аналогичных установках
IV	Деятельность, могущая привести к ядерной или радиационной аварийной ситуации, которая может требовать принятия срочных защитных мер в непредвиденном месте. Она включает в себя неразрешенную деятельность, такую как деятельность, связанную с опасными источниками, полученными незаконно, транспортную и разрешенную деятельность, связанную с опасными мобильными источниками, такими как источники промышленной радиографии, спутники с ядерной энергетической установкой или радиотермальные генераторы. Категория угрозы IV представляет минимальный уровень угрозы, который предполагается применять для всех государств и юрисдикций
V	Деятельность, обычно не связанная с источниками ионизирующих излучений, но которая дает продукцию, со значительной вероятностью могущую стать загрязненной в результате событий на установках, относящихся к категории угрозы I или II, включая такие установки в других государствах, до уровней, требующих немедленного введения ограничений на продукты в соответствии с международными нормами

Таблица 2

Категории радиологической угрозы объектов использования атомной энергии и соответствующие размеры зон аварийного планирования

Объект			Размер зон аварийного планирования [3, 6]		
Тепловая мощность реактора, МВт	Приведенная активность ⁽¹⁾	Категория угрозы	Зона предупредительных и неотложных защитных мер	Зона срочных защитных мер	Зона ограничения потребления продуктов питания
Более 1000	Более 10^5	I	3 – 5 км	5 – 30 км	300 км
100 – 1000	10^4 – 10^5	I	0,5 – 3 км	5 – 30 км	50 – 300 км
10 – 100	10^3 – 10^4	II	Отсутствует	0,5 – 5 км	5 – 50 км
2 – 10	10^2 – 10^3	II	Отсутствует	0,5 км	2 – 5 км
Менее 2	Менее 10^2	III	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

⁽¹⁾ сумма отношений активности радионуклида к значению соответствующей D_2 -величины, приведенной в [8] и равной для ^{131}I примерно 0,2 ТБк, для α -излучающих изотопов плутония, америция и кюрия примерно 0,5 ТБк, для остальных β -излучающих продуктов деления – 20–30 ТБк.

Ключевым моментом защиты населения и персонала в случае радиационной аварии является безотлагательное проведение мер радиационной защиты, которое базируется на быстром определении класса аварии и инициировании предупредительных защитных мер на заранее определенных территориях. Согласно [2], классификация потенциальных ядерных и радиационных аварийных ситуаций, которые требуют аварийного вмешательства для защиты работников и населения, включает в себя следующие уровни.

Общие аварийные ситуации на установках, относящихся к категории угрозы I или II, связанные с фактическим выбросом радиоактивного материала или радиационным облучением или их существенным риском, которые требуют принятия срочных защитных мер за пределами площадки. При объявлении этого класса аварийной ситуации должны оперативно приниматься меры, направленные на смягчение последствий события и защиту людей на площадке и в пределах зоны предупредительных мер и зоны планирования срочных защитных мер в надлежащих случаях.

Аварийные ситуации на территории площадки на установках, относящихся к категории угрозы I или II, связанные со значительным понижением уровня защиты лиц, находящихся на площадке и около установки. При объявлении этого класса аварийной ситуации должны оперативно приниматься меры, направленные на смягчение последствий и защиту людей на площадке и осуществление подготовительных мероприятий для защитных действий за пределами площадки, если они станут необходимыми.

Аварийные ситуации на установках, относящихся к категории угрозы I, II или III, связанные со значительным понижением уровня защиты людей на площадке. При объявлении этого класса аварийной ситуации должны оперативно приниматься меры, направленные на смягчение последствий события и защиту людей на площадке. Аварийные ситуации в этом классе никогда не могут привести к угрозе за пределами площадки.

Предупреждения об опасности на установках, относящихся к категории угрозы I, II или III, связанные с неопределенным или существенным понижением уровня защиты населения или людей на площадке. При объявлении этого класса

аварийной ситуации должны оперативно приниматься меры, направленные на повышение готовности организаций, осуществляющих реагирование на площадке и за ее пределами в надлежащих случаях, а также потенциальное смягчение последствий.

Анализ уроков, извлеченных из международного опыта реагирования на радиационные аварийные ситуации, показывает [16], что инкорпорированная в национальное законодательство система категорирования объектов использования атомной энергии по степени радиологической угрозы вместе с системой классификации аварийных ситуаций на этих объектах и системой зонирования прилегающей территории для планирования защитных мер позволяют эффективно защитить население за пределами площадки объекта даже в условиях чрезвычайно тяжелой ядерной аварии.

Уроки, извлеченные из прошлых аварий, показывают, что для обеспечения своевременности декларирования аварии на АС и ее классификации необходимо иметь систему оценки инициирующих событий, основанную на анализе технических аспектов аварии и их связи с радиологическими последствиями. В основе такой оценки лежат сценарии развития аварии, которые связывают воедино цепи событий, начинающиеся с отказа оборудования или ошибки оператора, с разрушением барьеров безопасности глубокошелонированной защиты, выбросом радиоактивности за пределы станции и облучением населения, проживающего вокруг АС. Такой сценарий удобно представить в виде дерева событий, которое является основой для принятия решений о защитных мероприятиях для населения и рекомендаций для персонала. Пример такой системы классификации и ее применения для инициирования защитных мер приведен в практических рекомендациях МАГАТЭ [12]. Согласно GS-G-2.1 [3], оператор аварийной установки в течение 15-ти минут после нарушения в работе АС должен декларировать класс аварии, известить местные власти, ответственные за защиту населения, о происшествии и в течение 30 минут после события выдать им рекомендации о мерах защиты населения в зоне предупредительных мер, к которой относится территория в пределах 3–5 км вокруг АС. Технические аспекты аварии на АС анализируются на самом начальном этапе оценки аварии, что позволяет инициировать предупредительные меры по защите населения в пределах зон аварийного планирования до выброса радиоактивности за пределы промплощадки. Уточнение территорий, на которых необходимо проведение таких мероприятий, происходит на следующем этапе реагирования на основе результатов мониторинга окружающей среды. МАГАТЭ разработаны оперативные уровни вмешательства и установлены значения этих уровней, при превышении которых необходимо проведение определенных защитных мер [4].

КЛАССИФИКАЦИЯ АВАРИЙ И ИНЦИДЕНТОВ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ, ПРИНЯТАЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Принятая в Российской Федерации система категорирования объектов использования атомной энергии отлична от той, которая содержится в международных требованиях. В таблице 3 приведена принятая в Российской Федерации классификация объектов по радиационной опасности. Ее сравнение с международными рекомендациями показывает, что при схожести определения категорий радиационной угрозы (табл. 1) и радиационной опасности (табл. 2) количественные критерии классификации совершенно несопоставимы.

Согласно критериям [18], к радиационному объекту I категории по радиационной опасности следует относить практически любую установку, в которой могут находиться даже сравнительно небольшие количества радиоактивного вещества, выброс которого при аварии может привести к дозам облучения за предела-

Таблица 3

Категории радиационных объектов по потенциальной радиационной опасности, принятые в Российской Федерации

Категория объекта	Описание [17]	Количественный критерий [18]
I	Радиационные объекты, при аварии на которых возможно их радиационное воздействие на население и могут потребоваться меры по его защите	Если при максимальной радиационной аварии возможно получение населением эффективной дозы потенциального облучения более 1,0 мЗв за пределами санитарно-защитной зоны радиационного объекта
II	Радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией санитарно-защитной зоны	Если радиационный объект не относится к I категории и в его санитарно-защитной зоне, которая не совпадает с территорией объекта, при максимальной радиационной аварии возможно получение хотя бы одной из категорий облучаемых лиц, нахождение которых в ней допускается установленным на объекте режимом посещения, эффективной дозы потенциального облучения, превышающей для персонала группы А 20 мЗв; персонала группы Б 5 мЗв; населения – 1 мЗв
III	Радиационное воздействие при аварии ограничивается территорией объекта	Если радиационный объект не относится ни к I, ни ко II категории и на его территории вне помещений, где осуществляется непосредственное обращение с источниками ионизирующего излучения, при максимальной радиационной аварии возможно получение хотя бы одной из категорий облучаемых лиц, нахождение которых на территории объекта допускается установленным на нем режимом посещения, эффективной дозы потенциального облучения, превышающей для персонала группы А – 20 мЗв; персонала группы Б – 5 мЗв; населения – 1 мЗв
IV	Радиационное воздействие при аварии ограничивается помещениями, где проводятся работы с источниками излучения	Остальные радиационные объекты

ми санитарно-защитной зоны, превышающим 1 мЗв в год. Такую классификацию невозможно принять за основу планирования мер защиты населения в случае радиационной аварии на объекте [19].

Принятая в Российской Федерации классификация аварий и инцидентов на АС приведена в табл. 4 [20].

Эта классификация более детальная, чем та, что приводится в [2], и в целом ей соответствует, хотя, в первую очередь, нацелена на расследование аварии. Согласно [20], на определение класса аварии на АС оператору отводится время около одного часа. Классификация аварийных состояний АС включает в себя два состояния: АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ и АВАРИЙНАЯ ОБСТАНОВКА [21]. Объявление этих состояний определяет необходимость проведения защитных мероприятий на

Категорирование аварий на АС [20, 21]

Условное обозначение категории аварий	Признак и последствие нарушения
A01	Выброс в окружающую среду радиоактивных веществ при тяжелой запроектной аварии, в результате которого возможны острые лучевые поражения лиц из персонала АС (работников) и лиц из населения, нанесение ущерба их здоровью, загрязнение радиоактивными веществами большой территории. Возможен трансграничный перенос радиоактивных веществ. Длительное воздействие на окружающую среду
A02	Выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, в результате которого за границей санитарно-защитной зоны АС достигнут или превышен уровень «Б» критериев для принятия неотложных решений в начальный период аварии: прогнозируемая доза облучения за первые 10 сут 500 мГр на все тело или 5000 мГр на щитовидную железу, легкие, кожу
A03	Выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, в результате которого за границей санитарно-защитной зоны АС превышен уровень «А» критериев для принятия неотложных решений в начальный период аварии: прогнозируемая доза облучения за первые 10 сут 50 мГр на все тело или 500 мГр на щитовидную железу, легкие, кожу
A04	Выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, в результате которого в пределах санитарно-защитной зоны превышен основной дозовый предел облучения лиц из населения 1 мЗв в год. Однократное внешнее и (или) внутреннее облучение отдельных лиц из персонала, доза которого превышает потенциально опасную (200 мЗв). Повреждение твэлов, при котором предел безопасной эксплуатации по количеству и величине дефектов твэлов превышен, а максимальный проектный предел не превышен

Примечания

1. Аварии категорий A01, A02, A03 характеризуются превышением максимального проектного предела повреждения твэлов. Авария категории A04 характеризуется повреждением твэлов, при котором предел безопасной эксплуатации по количеству и величине дефектов твэлов превышен, а максимальный проектный предел не превышен.
2. Уровни «А» и «Б» критериев для принятия неотложных решений в начальный период аварии соответствуют НРБ-99/2009 [24].

промплощадке и за ее пределами – в 5-километровой зоне вокруг АС и в зоне наблюдения АС. Значения критериев выражены в терминах измеряемых величин и приведены в табл. 5.

Использование этих критериев основано на результатах мониторинга окружающей среды и не позволяет применять их для проведения предупредительных защитных действий. После объявления на АС состояний **АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ** и **АВАРИЙНАЯ ОБСТАНОВКА** вводится в действие план мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции [22], который распространяется на персонал АС, личный состав специальной и пожарной охраны АС, а также персонал, временно прикомандированный для обеспечения функционирования и жизнедеятельности АС, и подлежит исполнению на территории АС, в пределах санитарно-защитной зоны и на территории города при АС в части защиты персонала АС и членов их семей.

В Российской Федерации отсутствуют требования к содержанию плана мероприятий по защите населения в случае аварии на атомной станции. Общие положения о защите населения при радиационной аварии, содержащиеся в СП АС-03 [23] и ОСПОРБ-99/2010 [17], не могут служить основой для принятия мер по защите

Таблица 5

**Критерии для объявления на АС состояний
АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ и АВАРИЙНАЯ ОБСТАНОВКА**

Контролируемый параметр, место контроля	Состояние	
	«Аварийная готовность»	«Аварийная обстановка»
Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч		
Помещения постоянного пребывания персонала в зоне строго режима (ЗСР)	> 10	> 600
Территория промплощадки и санитарно-защитной зоны (СЗЗ)	> 2,5	> 200
Территория зоны наблюдения АС	> 0,1 ^{(1), (2)}	> 20
Объемная активность йода-131 в воздухе, Бк/м ³		
Помещения постоянного пребывания персонала в ЗСР	> 1100	> 2,9×10 ⁴
Территория промплощадки и СЗЗ	> 275	> 9,7×10 ³
Территория зоны наблюдения АС	> 7	> 6,70×10 ² ⁽³⁾

Примечания

⁽¹⁾ Установлены для критической группы (дети в возрасте 1–8 лет).⁽²⁾ Превышение естественного фона.⁽³⁾ Установлены для критической группы (дети возраста 1–2 года).

населения. Установленные НРБ-99/2009 [24] критерии принятия решений по мерам радиационной защиты устарели и не отвечают международным рекомендациям, содержащимся в [4].

ВЫВОДЫ

МАГАТЭ создало целостную систему стандартов безопасности, практических руководств и критериев для защиты персонала и населения в случае радиационной аварии. Основу этой системы составляет классификация объектов использования атомной энергии и видов практической деятельности по степени радиологической угрозы. Сравнение системы норм и правил Российской Федерации, регламентирующих радиационную защиту персонала и населения в случае радиационной аварии на АС, с соответствующими международными рекомендациями показывает, что система, принятая в Российской Федерации, не полна и требует незамедлительной ревизии нормативной базы для приведения ее в соответствии со стандартами безопасности МАГАТЭ. Для обеспечения аварийной готовности и эффективного реагирования для защиты персонала и населения в случае радиационной аварии необходимо, как минимум, ввести в национальную нормативную базу следующие положения:

- категорирование объектов использования атомной энергии по степени радиологической угрозы;
- классификацию аварийных ситуаций на объектах использования атомной энергии;
- аварийное зонирование территории вокруг потенциально опасных объектов для планирования защитных мер в случае радиационной аварии;
- критерии для проведения мер защиты населения и персонала в ситуации аварийного облучения, возникшей вследствие радиационной аварийной ситуации;
- практические руководства по оценке аварии и принятию решений на разной

стадии ее развития для защиты персонала и населения на объектовом, местном, национальном и международном уровне.

Литература

1. Конвенция о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации, INFCIRC/336. – Вена: МАГАТЭ, 1986.
2. Готовность и реагирование в случае ядерной или радиационной аварийной ситуации. Требования. Серия норм безопасности МАГАТЭ No. GS-R-2. – Вена: МАГАТЭ, 2004 (оригинальное издание на английском языке – 2002).
3. Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Standard Series No. GS-G-2.1. – Vienna: IAEA, 2007.
4. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, Safety Standard Series No. GSG-2. – Vienna: IAEA, 2011.
5. Основы безопасности. Основы безопасности. Серия норм безопасности МАГАТЭ No. SF-1. – Вена: МАГАТЭ, 2007 (оригинальное издание на английском языке – 2006).
6. Методика разработки мероприятий по реагированию на ядерную или радиологическую аварийную ситуацию. EPR-Методика. – Вена: МАГАТЭ, 2009 (оригинальное издание на английском языке – 2003).
7. Подготовка, проведение и оценка учений по проверке готовности к ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия «Аварийная готовность и реагирование EPR – Учения». – Вена: МАГАТЭ, 2009 (оригинальное издание на английском языке – 2005).
8. Dangerous Quantities of Radioactive Material, Emergency Preparedness and Response Series EPR-D-VALUES. – Vienna: IAEA, 2006.
9. Joint Radiation Emergency Management Plan of the International Organizations, Emergency Preparedness and Response Series EPR-JPLAN. – Vienna: IAEA, 2010.
10. IAEA Response Assistance Network, Emergency Preparedness and Response Series EPR-RANET. – Vienna: IAEA, 2010.
11. Руководство для лиц, принимающих первые ответные меры в случае радиологической аварийной ситуации, Серия «Аварийная готовность и реагирование АГР – Лица, принимающие первые ответные меры». – Вена: МАГАТЭ, 2007 (оригинальное издание на английском языке – 2006).
12. Руководство по радиационной защите при авариях ядерных реакторов, МАГАТЭ ТЕХДОК - 955, Vienna: IAEA, 1998 (оригинальное издание на английском языке – 1997).
13. Общие процедуры медицинского реагирования при ядерной или радиологической аварийной ситуации, Серия «Аварийная готовность и реагирование EPR – Медицинское реагирование». – Вена: МАГАТЭ, 2009 (оригинальное издание на английском языке – 2005).
14. Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях, МАГАТЭ ТЕХДОК - 1092. – Вена: МАГАТЭ, 2002 (оригинальное издание на английском языке – 2000).
15. Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации МАГАТЭ ТЕХДОК - 1162. – Вена: МАГАТЭ, 2004 (оригинальное издание на английском языке – 2000).
16. McKenna T., Buglova E., Kutkov V. Lessons learned from Chernobyl and other emergencies: Establishing international requirements and guidance//Health Physics. – 2007. – 93 (5). – P. 527-537.
17. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности ОСПОРБ – 99/2010. Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10. – М.: Роспотребнадзор, 2010.
18. Установление категории потенциальной опасности радиационного объекта. Методические указания МУ 2.6.1.2005-05. – М.: Роспотребнадзор, 2009.
19. Горлинский Ю.Е., Кутков В.А., Лысцов В.Н., Макаров В.И., Мурзин Н.В., Павлов В.Д. Обеспечение радиационной безопасности человека и природной среды на всех этапах жизненного цикла плавучих атомных теплоэлектростанций//Атомная энергия. – 2009. – Т. 107. – №. 2. – С.95-103.
20. Положение о порядке расследования и учета нарушений в работе атомных станций. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-004-08. – М.: Ростехнадзор, 2008.
21. Положение о порядке объявления аварийной обстановки, оперативной передачи информации и организации экстренной помощи атомным станциям в случае радиационно опасных ситуаций. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-005-98. – М.: Госатомнадзор РФ, 1998.

22. Типовое содержание плана мероприятий по защите персонала в случае аварии на атомной станции. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП-015-2000. – М.: Госатомнадзор РФ, 2000.

23. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03). Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.24–03. – М.: Роспотребнадзор, 2003.

24. Нормы радиационной безопасности НРБ -99/2009. Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. – М.: Роспотребнадзор, 2009.

Поступила в редакцию 27.04.2011

conjugated problem of heat transfer in the pipe at constant heat flux from pipe wall and problem with heat release in the wall.

УДК 539.1.07:621.384.8

Plasma-optical three-division Spent Nuclear Fuel \V.M. Bardakov, Vo Nhu Dan, G.N. Kichigin, N.A. Strokin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 7 pages, 4 illustrations. – References, 10 titles.

For plasma-optical mass separator POMS-E-3 found the modes in which a separation of spent nuclear fuel into 3 parts, corresponding to two groups of fission products and transuranic elements. Proposed for the same purpose, a new plasma-optical mass separator POMS-CV, which excluded whirler.

УДК 621.039.5

Mastering of the fast sodium reactor technology. Construction of the BN-800 reactor \D.L. Zverev, B.A. Vasilev, V.Yu. Sedakov, N.G. Kuzavkov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 13 pages, 6 tables, 6 illustrations. – References, 12 titles.

The main aim of the BN-800 reactor construction is the perfection of the closed fuel cycle. The measures to improve BN800 reliability, safety and economic performance as compared to its predecessor BN-600 are focused upon.

УДК 621.314.5

Modeling of Unit Power Supply of Nuclear Power Plant \K.K. Krutikov, V.V. Rozhkov, V.N. Ivanov, E.A. Perfilyev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 8 pages, 6 illustrations. – References, 7 titles.

In the soft of MatLab the package of the models is developed, allowing to investigate the basic modes of functioning of blocks of units of an uninterrupted food in updating for Nuclear Power Plant. The comparative analysis of units of the uninterrupted food which is let out by different firms is given, results of modeling of one of possible enough difficult scenarios of work of the unit are resulted.

УДК 621.039.566

Radiological Aspects of Nuclear Power Plant Accidents \V.A. Kutkov, V.V. Tkachenko; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 11 pages, 5 tables, 1 illustration. – References, 24 titles.

The article deals with international recommendations for the protection of the public in radiation emergency. Comparison of the rules and regulations of the Russian Federation, the governing radiation protection of workers and the public in the event of nuclear accidents at NPP, with relevant international guidelines, shows that this national system is not complete and requires a revision of the regulatory framework to bring it into compliance with IAEA safety standards.

УДК 621.039.548.5

Estimation of the WWER-1000 Fuel Element Cladding Damage Parameter Axial Distribution at Day Cycle Power Maneuvering \M.V. Maksimov, S.N. Pelykh, O.V. Maslov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2011. – 9 pages, 6 tables, 5 illustrations. – References, 7 titles.

A calculation estimation of the WWER-1000 fuel element cladding damage parameter axial distribution at day cycle power maneuvering, taking into account the fact that the fuel element axial segments and fuel assemblies differ greatly in their local linear heat rate jump and stationary power values, has been done. It has been obtained that on condition that the fuel element length is divided into eight equal axial segments, the sixth (counting from the core bottom) axial segment cladding durability limits the WWER-1000 operation time at day cycle power maneuvering.