

## Синергия в областях деятельности по обеспечению ядерной безопасности и ядерной защищенности АЭС

Области деятельности по обеспечению ядерной безопасности и ядерной защищенности являются взаимодополняющими и направлены на достижение единой цели безопасности АЭС — защиту людей и окружающей среды от недопустимого радиационного воздействия. При рассмотрении вопроса синергии между ядерной безопасностью и ядерной защищенностью особое внимание уделено выявлению интерфейса между двумя областями безопасности и определению общих принципов разработки мер ядерной безопасности и ядерной защищенности. Детально проанализированы принципы глубоководной защиты, культуры безопасности и дифференцированный подход. Отмечены особенности, характерные для ядерной безопасности и ядерной защищенности.

Ключевые слова: ядерная безопасность, ядерная защищенность, синергия.

О. М. Дибач, І. Я. Кузмяк, О. В. Кухоцький

### Синергія у сферах діяльності щодо забезпечення ядерної безпеки та ядерної захищеності АЕС

Сфери діяльності щодо забезпечення ядерної безпеки та ядерної захищеності є взаємодоповнюючими і спрямовані на досягнення єдиної мети безпеки АЕС, яка полягає в захисті людей і довкілля від неприпустимого радіаційного впливу. Розглядаючи питання синергії між ядерною безпекою та ядерною захищеністю, особливу увагу приділено виявленню інтерфейсу між двома сферами безпеки й визначенню загальних принципів розробки заходів ядерної безпеки та ядерної захищеності. Детально проаналізовано принципи глибокоешелонного захисту, культури безпеки та диференційований підхід. Відмічено особливості, характерні для ядерної безпеки та ядерної захищеності.

Ключові слова: ядерна безпека, ядерна захищеність, синергія.

Согласно законодательству Украины, при осуществлении деятельности в сфере использования ядерной энергии должны быть соблюдены требования не только ядерной и радиационной безопасности, но и ядерной защищенности ядерных материалов, радиоактивных отходов и других источников ионизирующего излучения.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с первых шагов развития ядерных технологий определило приоритет в обеспечении безопасности человека и окружающей среды, хотя с изменением ситуации в мире изменялись и акценты на тех или других аспектах безопасности. Одной из первых задач с момента создания МАГАТЭ стало соблюдение гарантий того, что ядерный материал будет использован только в мирных целях и, соответственно, на первый план вышло соблюдение гарантий нераспространения ядерного оружия. С дальнейшим развитием ядерной энергетики и сокращением ядерного оружия приоритетным стало обеспечение безопасности ядерных установок и ядерных материалов для населения и окружающей среды — ядерной безопасности. Практическое применение гарантий и принципов ядерной безопасности показало, что обеспечить сохранность и нераспространение ядерных материалов, а также безопасность ядерных установок невозможно без физической защиты, которая со временем переросла в более широкое понятие: «физическая ядерная безопасность» или «ядерная защищенность» [1]. Оба термина имеют один и тот же смысл, но в Украине применяется понятие «ядерная защищенность», утвержденное законодательством. Термин «физическая ядерная безопасность», используемый в иных странах, из-за созвучности с ядерной безопасностью часто становится причиной недопонимания и даже недоразумений.

Безопасная эксплуатация объектов ядерной энергетики требует соблюдения так называемого принципа 3S (safety, security, safeguards), как и подчеркивается в предисловии к документу МАГАТЭ [2]: «Эксплуатация атомных электрических станций требует внимательного отношения к ядерной безопасности, ядерной защищенности и гарантиям». Цель ядерной безопасности — предотвращение аварий; цель ядерной защищенности — предотвращение нанесения преднамеренного вреда ядерным установкам и хищения ядерных материалов (гарантии предназначены для предотвращения использования ядерных материалов в военных целях). Хотя цели указанных видов деятельности отличаются, меры, принятые для достижения одной из них, влияют на достижение другой. На соприкосновении этих сфер деятельности создаются новые группы требований.

Практический инструмент применения гарантий в сфере использования ядерной энергии — учет и контроль ядерных материалов, в частности на ядерных установках. Учет и контроль ядерных материалов связан с требованиями ядерной безопасности, а противодействие незаконному обороту ядерных материалов тесно связано с учетом и контролем ядерных материалов. В то же время предотвращение использования ядерных материалов в военных целях является элементом ядерной защищенности и центром внимания системы гарантий.

Для лучшего понимания синергии между ядерной безопасностью и ядерной защищенностью обратимся к определению этих понятий [3]:

*ядерная безопасность (nuclear safety)* — достижение надлежащих условий эксплуатации, предотвращение аварий или смягчение последствий аварии, благодаря чему обеспечивается защита персонала, населения и окружающей среды от чрезмерной радиационной опасности;

*физическая ядерная безопасность* или *ядерная защищенность* (*nuclear security*) — предотвращение и обнаружение хищения, саботажа (диверсии), несанкционированного доступа, незаконной передачи или других злоумышленных действий в отношении ядерных материалов, других радиоактивных веществ или связанных с ними установок и реагирование на такие действия.

С появлением первых документов МАГАТЭ в области физической защиты (1972 г.) [4], а позже в Украине (1996 г.) [5], одно из основных требований заключалось в том, что мероприятия по обеспечению физической защиты должны выполняться, но не должны негативно влиять на состояние ядерной безопасности.

С ростом угрозы терроризма в мировом масштабе стало очевидным, что простой взаимный учет требований ядерной безопасности и ядерной защищенности недостаточно эффективен. Как отмечено в [6], обеспечение ядерной защищенности и обеспечение ядерной безопасности связаны одной общей целью — защита людей и окружающей среды от радиационного воздействия (рис. 1).



Рис. 1. Интегральный подход к обеспечению безопасности в сфере использования ядерной энергии

Общность цели этих двух областей подтверждена и в рекомендациях МАГАТЭ [2], где сказано, что много принципов обеспечения безопасности являются общими, хотя пути их достижения могут быть разными. Таким образом, область взаимодействия ядерной защищенности и ядерной безопасности определена как область синергии.

Синергия — комбинированное воздействие факторов, характеризующееся тем, что их объединённое действие существенно превосходит эффект каждого отдельно взятого компонента и их простой суммы (Oxford Explanatory Dictionary, New York, 1995).

**Постановка проблемы.** Ядерная безопасность и ядерная защищенность зачастую рассматриваются отдельно. Интерфейс между ядерной безопасностью и ядерной защищенностью ограничен только требованием об отсутствии негативного влияния мер физической защиты на реализацию действий, направленных на обеспечение ядерной безопасности, и наоборот. Согласно рекомендациям МАГАТЭ, каждая из областей безопасности

должна не только не препятствовать обеспечению другой, но и взаимно усиливать эффект предпринятых мер. Требуется обеспечение синергии в областях деятельности по обеспечению ядерной безопасности и ядерной защищенности АЭС.

**Синергия между областями деятельности.** Синергия между ядерной безопасностью и ядерной защищенностью очень значительна, хотя на стадиях проектирования и многолетней эксплуатации АЭС эти понятия (области деятельности) рассматривались отдельно. Отметим, что отдельные проектные решения АЭС влияют на обе области безопасности одновременно. Например, «защитная оболочка АЭС предназначена для того, чтобы предотвратить выброс радиоактивных веществ в окружающую среду в случае аварии, но в то же время она обеспечивает надежную защиту реактора от нападения террористов. Аналогично, система контроля доступа к важным помещениям служит не только для обеспечения безопасности путем запрета или ограничения облучения персонала и предоставления доступа для обслуживания только квалифицированному персоналу, но также обеспечивает и выполнение функций для физической защиты, препятствуя доступу злоумышленников» [2].

Отметим также, что существуют условия, в которых мероприятия по ядерной защищенности могут препятствовать достижению целей ядерной безопасности, и наоборот. Например, установка физических барьеров с целью увеличения времени задержки злоумышленников может препятствовать обеспечению быстрого доступа для реагирования в случае ядерной аварии или ограничивать возможности эвакуации персонала.

События, которые учитываются в каждой из сфер, отличаются между собой. Оценка ядерной безопасности сосредоточена на рисках, связанных с непреднамеренными событиями, инициированными внешними природными и техногенными явлениями (землетрясения, смерчи, экстремальные температуры, взрывы на промышленных объектах и т. д.), внутренними событиями (пожары, затопления вследствие разрывов трубопроводов и пр.), а также внутренними инициаторами (отказы оборудования, ошибки персонала и т. п.). При оценке ядерной защищенности учитываются риски или события, возникшие от вредоносных умышленных действий, осуществляемых намерениями причинить ущерб.

Вместе с тем, ядерная безопасность (ЯБ) и ядерная защищенность (ЯЗ) имеют много общих элементов и, в конечном счете, направлены на защиту людей и окружающей среды. Приемлемый риск от эксплуатации станции достигается как одним, так и другим направлением безопасности. Кроме того, принципы, которыми достигается конечная цель, аналогичны.

Как ЯБ, так и ЯЗ следуют принципу глубокоэшелонированной защиты [7, 8, 9]. Этот принцип применяется в каждой из функций физической защиты — в предупреждении, обнаружении, задержке, смягчении последствий и аварийном планировании. Каждое из этих направлений глубокоэшелонированной защиты в ЯБ и ЯЗ достигается различными средствами (табл. 1).

Следующим принципом, которому следует ЯБ, является принцип оптимизации защиты [8, 9], который основан на идее, что радиационный риск должен быть настолько низким, насколько это разумно достижимо, принимая во внимание социальные и экономические факторы.

Кроме принципа оптимизации защиты применяется принцип дифференцированного подхода (graded approach),

Таблица 1. Средства достижения направлений глубокоэшелонированной защиты в ЯБ и ЯЗ

Ядерная безопасность	Ядерная защищенность
<i>Предотвращение</i>	
Обоснованный выбор площадки АЭС, разработка проекта на основе консервативного подхода с использованием свойств внутренней самозащищенности РУ, обеспечение запасов безопасности, эксплуатация в соответствии с требованиями технологических регламентов и инструкций по эксплуатации	Сдерживающие барьеры для препятствия доступа правонарушителя
<i>Раннее обнаружение</i>	
Системы контроля и управления, автоматически действующие защиты и блокировки, предотвращающие развитие аварии, системы нормальной эксплуатации	Средства контроля и обнаружения
<i>Управление и смягчение</i>	
Системы безопасности, использование всех доступных средств, включая системы нормальной эксплуатации	Минимизация радиологических последствий диверсии, поиск пропавших ядерных материалов
<i>Аварийное планирование</i>	
Для непреднамеренных событий	На случай злоумышленных действий

при котором учитывается риск, обусловленный ядерной установкой или деятельностью: принимаются во внимание величины радиационной дозы, радиоактивных сбросов и генерации радиоактивных отходов при эксплуатации ядерной установки, а также возможные последствия аварий, включая частоту инициирующих событий и вероятность развития аварии со значительными последствиями. В физической защите, как и в ЯБ, применяется модифицированный принцип дифференцированного подхода [4]. Дифференцированный подход состоит в анализе рисков от злоумышленных действий с целью определения мер, соизмеримых как для ЯБ, так и для ЯЗ. Риски в области ЯЗ определяются преимущественно детерминистическими методами, в меньшей мере — вероятностными. Применение вероятностных методов рассматривается как перспективное направление оценки ЯЗ. Независимо от методологии оценки, риски должны быть выявлены и оценены как на этапе проектирования АЭС, так и за время эксплуатации. Кроме того, эти риски должны повторно, периодически оцениваться с учетом развития технологий, возможных изменений в угрозах [7] и новых требований к безопасности и (или) защите [8, 9].

Одним из основополагающих принципов и для ЯБ, и для ЯЗ, является культура безопасности. Синергия между ЯБ и ЯЗ имеет место в системе управления, которая должна быть нацелена на создание высокой культуры безопасности. Тем не менее, несмотря на общие элементы и общие принципы достижения одной цели, существуют проблемы, связанные с различием подходов к культуре безопасности и культуре ядерной защищенности.

Рассмотрение подходов к культуре безопасности обеих областей начнем с определений [3, 10]:

*культура безопасности* — совокупность характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, которая устанавливает, что проблемам защиты и безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью;

*культура ядерной защищенности* — совокупность характеристик отношения к деятельности и поведения людей, организаций и учреждений, служащая средством поддержания и повышения ядерной защищенности. Целью культуры ЯЗ является обеспечение внимания к мерам ЯЗ соответственно их значимости.

Как видим, определение культуры ЯЗ по сути совпадает с определением культуры ЯБ, но есть и различия [11]:

*сходства* — установление приоритета безопасности; строгое соблюдение дисциплины при четком распределении полномочий и персональной ответственности руководителей и непосредственных исполнителей; точное выполнение процедур; открытая двусторонняя связь; обучение и повышение квалификации; обеспечение качества; самооценка;

*различия* — ЯЗ учитывает умышленные действия; степень конфиденциальности информации различается; в ЯЗ применяется сдерживание путем устрашения; ЯЗ включает в себя более широкий круг организаций.

Иногда (в аварийной ситуации) две «культуры» могут «конфликтовать».

К важным относятся отличия в подходах к обмену и обработке информации. Культура ЯЗ [10] диктует ограничение доступа к информации уполномоченной группой людей, чтобы предотвратить попадание конфиденциальной информации в руки злоумышленника. А по общим правилам ядерной безопасности, наоборот, необходима реализация прозрачности, т. е. особенно важно делиться опытом для предотвращения повторения инцидентов или аварий, произошедших на одной из АЭС [12]. Поэтому существует необходимость управления информацией и обеспечения доступа к ней таким образом, чтобы при максимальной прозрачности в целях ядерной безопасности обеспечивалась конфиденциальность в целях ядерной защищенности.

Взаимосвязь ЯБ и ЯЗ должна осуществляться на протяжении всего жизненного цикла АЭС. При выборе площадки размещения станции в целях ЯБ учитываются частота и тяжесть природных воздействий и событий, инициируемых человеческой деятельностью, а также прогнозируемые события на весь жизненный цикл АЭС. В целях ЯЗ рассматриваются уязвимость места расположения к нападению злоумышленника, близость к месту расположения объектов инфраструктуры (аэропорты), а также такие факторы, как имеющийся в регионе риск террористического нападения или наличие границ с недружественной страной.

При проектировании АЭС, как было сказано, применяется принцип глубокоэшелонированной защиты. В целях ядерной безопасности руководствуются принципом резервирования систем, т. е. в случае выхода из строя одного компонента оборудования функция безопасности будет выполнена. Если посмотреть на принцип резервирования с точки зрения ядерной защищенности, злоумышленнику, чтобы вывести станцию или отдельный ее элемент из строя, нужно ставить под угрозу сразу несколько элементов [13]. Другими примерами синергии между ЯБ и ЯЗ могут быть использование пассивных систем во избежание случайных или намеренных ошибок персонала, а также создание физических барьеров (например, установка металлических



дверей, которые могут служить как для ЯЗ — задержания или предотвращения несанкционированного доступа, так и для ЯБ — в качестве барьера, сдерживающего излучение).

Вместе с тем, проектные решения, которые используются, чтобы достичь цели безопасности, иногда могут быть антагонистическими. Например, введение сдерживающих барьеров в целях ЯЗ может блокировать доступ пожарным или блокировать пути эвакуации персонала. Кроме того, дополнительные барьеры в целях ЯЗ могут ограничить доступ для планового наблюдения или обслуживания, из-за чего могут быть не достигнуты цели ядерной безопасности. Вот почему необходимо учитывать взаимосвязь ЯБ и ЯЗ, а также их совместное обеспечение уже на этапе проектирования АЭС [2, 13].

При строительстве АЭС должен осуществляться надзор для обеспечения выполнения проектных решений и исключения возможности раннего внедрения в конструкцию недостатков, которые при эксплуатации могут привести к аварийным воздействиям, что обеспечивает ЯБ и ЯЗ [2].

Синергия между ЯБ и ЯЗ важна также в процессе нормальной эксплуатации и, особенно, в аварийных ситуациях. Уроки аварии на АЭС «Фукусима-Даичи» свидетельствуют о важности своевременного доступа персонала к оборудованию для управления аварией, что невозможно без надлежащей координации средств ЯБ и ЯЗ. Особое внимание должно быть уделено ЯБ и ЯЗ в условиях полного обесточивания: барьеры ЯЗ должны обеспечить доступ аварийного персонала при потере электроснабжения.

Следовательно, на протяжении всего жизненного цикла АЭС должны быть реализованы меры как по ядерной безопасности, так и по ядерной защищенности, а также соблюден необходимый баланс между ними.

## Выводы

По мере развития ядерной энергетики акцент на проблемах ядерной безопасности и ядерной защищенности менялся как следствие происшедших аварий и потенциальных террористических угроз. Несмотря на то что в основе обеспечения ядерной безопасности и ядерной защищенности лежат общие принципы (глубокоэшелонированная защита, культура безопасности, дифференцированный подход), эти две области безопасности зачастую рассматривались отдельно.

Обеспечение ядерной защищенности и ядерной безопасности связаны одной общей целью — защита людей и окружающей среды от радиационного воздействия. Поэтому мероприятия для обеспечения ядерной защищенности и ядерной безопасности должны разрабатываться в комплексе для достижения синергии между этими областями деятельности. Уроки аварии на АЭС «Фукусима-Даичи» также подтверждают важность совместного рассмотрения ядерной защищенности и ядерной безопасности для обеспечения доступа персонала к оборудованию для осуществления противоаварийных действий в экстремальных условиях (разрушение инфраструктуры, полное обесточивание).

Следует найти оптимальную взаимосвязь, баланс между двумя составляющими безопасности благодаря координации действий между специалистами по ядерной безопасности и ядерной защищенности. Практические рекомендации по реализации и развитию синергии между ядерной безопасностью и ядерной защищенностью планируется разработать в последующих работах.

## Список использованной литературы

1. IAEA GC(45)/INF/14 Measures to Improve the Security of Nuclear Materials and Other Radioactive Materials.
2. The Interface Between Safety and Security at Nuclear Power Plants, INSAG-24. — Vienna: IAEA, 2010.
3. Глоссарий МАГАТЭ по вопросам безопасности. Терминология, используемая в области ядерной безопасности и радиационной защиты. — Вена, 2007.
4. Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Rev.5), IAEA nuclear security series No.13. — Vienna, 2011.
5. Правила фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів: НП 306.8.126–2006. — Затвердж. наказом Держ. комітету ядерного регулювання України 04.08.2006 за № 116 та за реєстр. В Мін'юсті України 21.09.2006 за №1067/12941.
6. IAEA GOV/2012/39. Draft of Fundamentals of a States Nuclear Security Regime: Objective and Essential Elements.
7. Основы ядерной защищенности: цель и основные элементы государственного режима ядерной защищенности / IAEA. — Nuclear Security series No. 20. — 2013.
8. основополагающие принципы безопасности. Основы безопасности, № SF-1 / IAEA. — Vienna, 2010.
9. Koenick Stephen. Management Safety and Security Interface // IAEA/ICPT School of Nuclear Energy. — 2011.
10. Nuclear Security Culture : Implementing Guide, IAEA nuclear security series No. 7. — Vienna, 2008.
11. Mrabit K. The Safety and Security Interface at Nuclear Power Plants: An International Perspective. — IAEA, 2012.
12. Improving The International System For Operating Experience Feedback, INSAG-23, IAEA. — Vienna, 2008.
13. Безопасность атомных электростанций: проектирование. — Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № SSR-2/1. — Вена: МАГАТЭ, 2012.

## References

1. Measures to Improve the Security of Nuclear Materials and Other Radioactive Materials // IAEA General Conference. — 2001. — GC(45)/INF/14.
2. The Interface Between Safety and Security at Nuclear Power Plants // INSAG-24. — Vienna: IAEA, 2010.
3. IAEA safety glossary // Terminology used in nuclear safety and radiation protection. — Vienna : IAEA, 2007.
4. Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities // IAEA nuclear security series No. 13. — Vienna: IAEA, 2011. — INFCIRC/225/Rev.5
5. SNRIU. Rules of physical protection of nuclear facilities and nuclear materials // NP 306.8.126–2006 (НП 306.8.126–2006). — Kyiv: SNRIU, 2006.
6. Draft of Fundamentals of a States Nuclear Security Regime // Objective and Essential Elements. — Vienna: IAEA, 2012. — GOV/2012/39.
7. Objective and Essential Elements of a State's Nuclear Security Regime // Nuclear Security series No. 20. — Vienna: IAEA, 2013.
8. Fundamental Safety Principles // IAEA Safety Standards Series No. SF-1 — Vienna: IAEA, 2010.
9. Koenick Stephen. Management Safety and Security Interface // IAEA/ICPT School of Nuclear Energy. — 2011.
10. Nuclear Security Culture : Implementing Guide // IAEA nuclear security series No. 7. — Vienna: IAEA, 2008.
11. Mrabit K. The Safety and Security Interface at Nuclear Power Plants: An International Perspective. — IAEA, 2012.
12. Improving The International System For Operating Experience Feedback // INSAG-23. — Vienna: IAEA, 2008.
13. The Safety at Nuclear Power Plants: Design // IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1. — Vienna: IAEA, 2012.

Получено 31.07.2013.