

В. И. Богорад, Т. В. Литвинская,
А. В. Носовский, А. Ю. Слепченко

*Государственный научно-технический центр по ядерной
и радиационной безопасности*

Анализ международной практики внедрения принципа оптимизации при снятии с эксплуатации энергоблоков АЭС

Приведены результаты анализа современной практической деятельности по применению принципа оптимизации радиационной защиты. Рассматриваются общие организационные и методические рекомендации по внедрению оптимизационных процедур в деятельность по снятию энергоблоков АЭС с эксплуатации.

В. І. Богорад, Т. В. Литвинська, А. В. Носовський,
О. Ю. Слепченко

Аналіз міжнародної практики впровадження принципу оптимізації при знятті з експлуатації енергоблоків АЕС

Наведено результати аналізу сучасної практичної діяльності щодо застосування принципу оптимізації радіаційного захисту. Розглядаються загальні організаційні та методичні рекомендації із запровадження оптимізаційних процедур у діяльність зі зняття енергоблоків АЕС з експлуатації.

Радиационная безопасность считается обеспеченной, если соблюдаются основные принципы радиационной защиты (оправданности, непревышения, оптимизации), установленные Законом Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности» [1] и Нормами радиационной безопасности Украины НРБУ-97 [2]. Принцип оптимизации предусматривает поддержание на возможно достижимом низком уровне как индивидуальных, так и коллективных доз облучения, с учетом социальных и экономических факторов. В международной практике принцип оптимизации известен как принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable — настолько низко, насколько разумно достижимо).

Принцип оптимизации имеет важное практическое значение для обеспечения радиационной безопасности на всех этапах жизнедеятельности ядерной установки объекта, в том числе и на этапе снятия с эксплуатации [3]. В условиях АЭС, снимаемой с эксплуатации, процесс оптимизации состоит из ряда процедур, направленных на осознание руководством и персоналом АЭС важности снижения доз облучения, сокращения времени и уровней облучения, количества облучаемых лиц.

Целью статьи является обобщение международного и национального опыта применения принципа оптимизации радиационной защиты с целью его адаптации и практического использования при проведении работ по снятию с эксплуатации энергоблоков АЭС.

Общие подходы к оптимизации радиационной защиты

Оптимизация защиты — это концепция широкого применения, которая на верхнем уровне охватывает организационную структуру, необходимую для обеспечения правильного распределения обязанностей, а на нижнем — область, непосредственно связанную с конкретными работами на всех стадиях существования ядерной установки, заканчивая снятием с эксплуатации.

Поскольку снижение доз зачастую осуществляется при помощи мер, обеспечивающих улучшение рабочих условий, цели повышения эффективности и оптимизации радиационной защиты могут достигаться совместно. Возможна даже такая ситуация, когда улучшение результатов работы и снижение доз могут быть достигнуты при отсутствии финансовых затрат, если экономия вследствие повышения эффективности превышает затраты, связанные с мерами по радиационной защите.

Диапазон методов оптимизации радиационной защиты широк [3]. Некоторые из них разработаны по результатам исследований рабочих операций, некоторые построены на экономической основе, другие — на технической.

Снятие с эксплуатации ядерной установки является этапом жизненного цикла установки. Работы на данном этапе планируются заранее и выполняются на оборудовании, находившемся в эксплуатации на данной АЭС. Многие работы по снятию с эксплуатации оборудования мало чем отличаются от работ, уже проводимых при нормальной эксплуатации, ремонтах [4]. Несмотря на это все работы должны быть тщательно подготовлены и подвергнуты детальному анализу с точки зрения оптимизации радиационной защиты персонала при их выполнении.

Подготовка работ должна включать широкую оценку уровней коллективных и индивидуальных доз, непосредственно связанных с выполнением работ. Оценка должна проводиться лицами, которые будут реально выполнять данную работу, в тес-

ном сотрудничестве со специалистами по радиационной защите. Необходимо, чтобы оценка базировалась на техническом описании работы и была связана с оценкой радиологических условий, в которых будет выполняться работа.

Задачи предварительной оценки уровней облучения могут включать: получение информации для определения и уточнения дозиметрических целей, связанных с работой; определение условий облучения (т. е. того, когда, где и как облучаются работники); объединение усилий как непосредственных исполнителей работы, так и специалистов по радиационной защите; определение перечня операций, которые подлежат дальнейшему анализу в целях улучшения радиологической защиты.

Приверженность регулирующего органа оптимизации защиты начинается с интеграции принципа оптимизации в национальные нормативные документы. Поскольку оптимизация является стимулирующим и качественным методом, в нормах она может рассматриваться как общее требование, без формулирования при этом точной процедуры по достижению или установлению дозиметрических целей. Регулирующие органы на национальном уровне должны обязать эксплуатирующую организацию развивать культуру радиационной защиты, возложив на руководство АЭС ответственность за распределение необходимых ресурсов для соблюдения принципа оптимизации [5].

В основе принципа оптимизации лежит, в первую очередь, требование к поведению, и реализуется он методамиощернений и консультаций: оператор могут привлечь к ответственности не за то, что он не сумел достичь определенного результата в отношении оптимальной дозы, а за то, что он не сумел применить рациональные меры в целях снижения дозы. В связи с этим можно предугадать возникновение многочисленных проблем, связанных с оценкой со стороны регулирующих органов. Регулирующие органы стран, где активно применяется на практике ALARA-философия, стараются проявлять определенную гибкость в требованиях выбора средств оптимизации, устанавливая при этом четкие численные критерии в терминах годовой индивидуальной дозы, коллективной дозы на единицу установленной мощности или на один энергоблок, вероятности критического события и риска здоровью. Кроме того, регулирующими органами некоторых стран требуются документальные подтверждения применения ALARA-подходов к оптимизации радиационной защиты.

Опыт применения принципа оптимизации в практической деятельности эксплуатирующей организации

Анализируя положительную практику внедрения принципа оптимизации в практическую деятельность лицензиатов тех стран, где этому вопросу уделяется должное внимание, следует отметить характерные для них общие подходы: создание ALARA-структур, определение роли и задач руководства, подготовка персонала в области оптимизации (организационные аспекты);

обмен информацией и проведение инструктажей перед началом работ;

подготовка работ — их тщательное всестороннее планирование, составление графика работ, обучение на макетах; контроль за процессом выполнения работ; оценка и учет опыта работ.

Организационные аспекты внедрения принципа ALARA практически во всех странах сопряжены с выработкой политики в области ALARA и оглашением заявления о политике

руководством; созданием комитета ALARA и распределением ответственности; разработкой программы ALARA на каждой станции; созданием инженерной группы ALARA, целью которой является пересмотр рабочих процедур; организацией обучения персонала; предоставлением возможности работникам участвовать в управлении работами и реализации принципа ALARA.

Изучение основных концепций ALARA и положительного опыта работы в области радиационной защиты дает важные знания для ответственной работы по применению принципа оптимизации и должно быть специально адаптировано для задействованного персонала.

Создание структурных подразделений, занимающихся проблемами оптимизации радиационной защиты на АЭС, характерно для стран, где начальный этап — осознание необходимости сокращения дозовых нагрузок и приобретение первого практического опыта в этой области — уже завершен и есть необходимость в переходе к планомерной и систематической деятельности по дальнейшему снижению доз и оптимизации всей деятельности по радиационной защите. Так, для АЭС России дальнейшее продвижение по пути внедрения идеологии ALARA потребовало:

создания на АЭС специальной структуры для практической реализации принципа ALARA (комитет ALARA, инженерная группа ALARA);

разработки специальной программы снижения облучаемости персонала;

разработки методических документов стационарного уровня по реализации принципа ALARA;

внедрения особого порядка организации радиационно-опасных работ, включающего вовлечение персонала в процесс планирования и подготовки работ, выбор и планирование работ, подготовку к работе, выполнение работ, анализ и оценку работ, учет полученного опыта.

Персонал АЭС должен иметь представление о целях планируемых работ, а также о предполагаемых дозах, которые он получит во время их выполнения. На АЭС «Клинтон» (США) перед началом работ ремонтный персонал подрядной организации инструктируют начальники смен, ответственные за радиационную защиту, и представители группы, ответственной за применение принципа ALARA [6], после чего каждому выдается справочник, в котором приведены: номера телефонов лиц, ответственных за осуществление основных мероприятий; задачи и цели предстоящих работ; рекомендации по технике безопасности, радиационному контролю, очистке рабочего места, радиационной защите; планы (карты) основных рабочих зон, местоположение главных систем и т. д. Такие инструктажи документируются и охватывают порядок работы, анализ условий труда на месте работы, необходимые инструменты и средства защиты, специальные требования и обязанности персонала во время работ на участках с высокими уровнями радиоактивности.

Этап подготовки работ является самым важным, непосредственно влияя на их эффективность. Именно на этом этапе учитывается предыдущий опыт и все аспекты работы (график, рабочая среда, инструменты, обучение персонала и т. д.), чтобы оптимизировать продолжительность облучения, количество работников, подвергшихся облучению, и мощности доз при выполнении каждой конкретной работы [7].

Для обеспечения процесса планирования работ создается группа по планированию, включающая в себя представителей руководства АЭС, отделов по организации производства и технического обслуживания, безопасности и радиационной защиты, а в случае необходимости — представителей подрядных

организаций. Регулярные совещания, организуемые на этапе планирования, помогают координировать деятельность различных групп, задействованных в работах на АЭС [8, 9]. Большинство АЭС, которым удалось реализовать эффективные идеи по радиационной защите в процессе планирования, в обязательном порядке привлекали персонал по радиационной защите к организации планирования.

Для лиц, планирующих работы, важно извлекать уроки из допущенных ошибок и принимать меры для их исправления. Нужна система по выявлению проблем, с которыми сталкиваются исполнители работ, и отслеживанию исправления ошибок. На некоторых АЭС организуются совещания, посвященные анализу выполненных работ с позиций ALARA. Кроме того, полезны как анализ работ, осуществляемый бригадиром или персоналом по радиационной защите во время их выполнения, так и критические отчеты по завершении работ. После выявления недостатков и назначения ответственных за их устранение необходима постоянная проверка устранения несоответствий со стороны руководства.

При разработке порядка работ лица, ответственные за планирование, должны использовать наглядные базы данных по различным участкам проведения работ. Полная и систематизированная информация в централизованной графической базе данных снижает необходимость непосредственного визуального осмотра, что способствует уменьшению дозы.

Для АЭС, снимаемой с эксплуатации, особенно важно создание комплексной информационной системы, позволяющей осуществлять сбор, анализ и хранение данных. Эти данные не ограничиваются дозиметрической информацией, а связаны (наряду с прочими факторами) с технологией выполнения работ и рабочими условиями, измененными в связи с выполненными работами. Наиболее эффективный способ получения данных — использование регистрационных документов, подготавливаемых как в ходе работы, так и по ее окончании либо сотрудниками по радиационной защите, либо мастером, производящим работы.

При подготовке работ важна оптимизация участка работ с целью улучшения условий труда. Исследовательский центр CERN (Франция), проанализировав ряд специализированных операций по техническому обслуживанию и дезактивации оборудования ядерного реактора на пяти АЭС во Франции [10], установил, что при недостаточной освещенности участков работы, отсутствии надежной связи между работниками, находящимися на большом расстоянии друг от друга, стесненном пространстве зоны работ продолжительность их выполнения (а значит, время облучения) увеличивается на 20 %, а в некоторых случаях — и до 40 %.

Непосредственное влияние некоторых факторов измерить трудно. Тем не менее, анализ показал, что в среднем от 20 до 30 % коллективной дозы могут быть вызваны плохой подготовкой работ, например непригодностью строительных лесов, ошибками в графиках, неподогнанными или неисправными инструментами, недостаточной подготовкой работников. Такая количественная оценка необходима для оптимизации мероприятий по радиационной защите.

Важным аспектом является оптимизация объема работ в зонах с высокой радиацией, например путем переноса выполнения определенных стадий какой-либо работы в зоны с низкой радиацией.

Известно, что на производительность труда может повлиять стресс, возникающий в случае производства работ в условиях высокого уровня радиации. Для снижения потенциального воздействия мощности дозы на технические показатели работы персоналу необходимо пройти специальное обучение.

Анализ данных, касающихся выполнения некоторых специализированных операций по техническому обслуживанию в различных радиологических условиях, указывает на еще один вид воздействия мощности дозы, который можно назвать «эффектом небрежности»: оказывается, чем меньше доза облучения на рабочем месте, тем больше времени затрачивается на выполнение работы. Это доказывает необходимость осуществления точной оценки коллективной дозы перед началом каждой работы с учетом фактической мощности дозы на рабочем месте, а также необходимость должного информирования работников перед началом работы.

Одно из эффективных средств ALARA — использование форм анализа работ или контрольного списка, позволяющих контролировать основные факторы, которые могут повлиять на выполнение работ. Например, на станции «Куберг» (Южная Африка) группой ALARA с обязательным участием лиц, ответственных за выполнение работ, проводится предварительный анализ работ, при производстве которых прогнозируемая доза превышает 30 чел. мЗв, а также работ, которые будут выполняться на участках с высокой мощностью дозы. Во внимание принимаются и радиологические аспекты (источники, загрязненность, мощность доз и т. д.), и организационные, и технические (обучение персонала, оборудование и специальные инструменты, рабочие условия, средства защиты и пр.) [11].

Для обеспечения регулярного контроля со стороны службы радиационной защиты, особенно при выполнении работ, изменяющих радиационные условия, в порядок работ могут быть включены «точки сдерживания радиационной защиты» — меры, требующие прямого вмешательства руководства для удовлетворительного завершения какого-либо этапа или работы. Цель таких точек — заставить работника прервать работу до тех пор, пока специалист по радиационной защите не осуществит проверку радиологических условий.

На станции «Клинтон» (США) «точки сдерживания радиационной защиты» устанавливаются при выполнении рабочей операции, которая может вызвать значительное увеличение мощности дозы на участке работы (например, выше 10 мЗв/ч) или стать причиной неконтролируемого выброса в окружающую среду. При этом работник должен получить письменное разрешение специалиста по радиационной защите на продолжение работы.

Как один из способов радиационной защиты можно рассматривать использование разрешений на работу в радиационно-опасной обстановке (наряд-допуск) [3]. Во-первых, для выдачи нарядов-допусков необходимо осуществить планирование и прогнозирование требуемых мер радиационной защиты. Во-вторых, персонал службы радиационной защиты получает информацию обо всех планируемых работах в зоне контроля и следит за ходом работ во время останова в работе станции. В-третьих, информация, содержащаяся в разрешениях, знакомит бригадиров и рабочих с радиационной обстановкой на их участке работы. В-четвертых, разрешения на работу в радиационно-опасной обстановке можно использовать для контроля (и следовательно, ограничения) доступа. Такие разрешения могут служить базой данных о дозах, связанных с выполнением конкретных работ.

Важное значение для поддержания доз на разумно низком уровне в соответствии с принципом ALARA имеет также тщательное составление графиков работ и их анализ, ведь дозы облучения можно снизить без каких-либо затрат, правильно определив порядок работ и сроки их выполнения. Необходимо планировать работы так, чтобы извлечь пользу из других работ, которые уже выполняются или же недавно закончены.

Другим важным моментом является планирование установки временных защитных экранов. На станции «Клинтон» разработана специальная процедура по их конструированию и использованию. Каждый, кому требуется временный защитный экран, заполняет специальную заявку и направляет ее в группу ALARA, которая принимает решение о том, какой тип защитного экрана требуется установить. После установки защитного экрана специалист по радиационной защите проводит исследование и документально свидетельствует фактическое снижение дозы и изменение радиационной обстановки на участке. По завершении работы на участке группа ALARA дает разрешение на демонтаж защитного экрана.

Для поддержания низкой мощности доз на участках работ необходимо оборудовать промежуточное хранилище с защитным экраном для удаления образовавшихся радиоактивных отходов, а сам процесс удаления РАО, особенно высокоактивных, нужно тщательно готовить и планировать.

К работе в радиационно-опасных зонах лучше подготовлены те, кто прошел обучение на макетах: они выполняют операции быстрее, тем самым уменьшая дозу облучения. Эффективность обучения напрямую связана с выполнением следующих трех условий:

макет должен быть выполнен в натуральную величину и находиться в обстановке, приближенной к рабочей;

физические ограничения и условия (леса, защитные экраны и т. д.) должны быть установлены, как при выполнении реальной работы;

работники должны использовать соответствующие средства индивидуальной защиты.

При техническом планировании могут использоваться визуальные средства: физические масштабные модели, изображения, видеозаписи или специальные компьютеризированные цифровые графические базы данных. Изображения можно сопровождать информацией о радиационной обстановке.

Снижение расходов, времени и дозы зависит от:

1) эффективного контроля за рабочим процессом (способствует достижению целей, поставленных на стадии планирования работ);

2) предоставления работникам необходимой информации, как радиологической, так и в отношении конкретной работы (способствует снижению дозы облучения);

3) получения информации по обратной связи (способствует управлению работами в реальном времени и облегчает подготовку аналогичных работ, которые будут проводиться в будущем);

4) мотивации работников.

В целях предотвращения незапланированного облучения рекомендуется устанавливать ограничения индивидуальной дозы и проверять дозы работников на выходе из зон радиационного контроля. На станции «Клинтон» при получении дозы, превышающей 0,5 мЗв за один вход/выход, в помещении службы радиационной защиты рядом с главным входом отображается сигнал тревоги. В таком случае работник должен обратиться к персоналу радиационной защиты. Если предполагаемая доза, указанная в разрешении на работу в радиационно-опасной обстановке, превышает 10 чел.·мЗв, а работник получил дозу, превышающую 80 % указанной величины, в компьютерной системе появляется соответствующее извещение. Если фактическая доза достигла 100 % предполагаемой, необходимо обратиться к персоналу радиационной защиты. Если фактическая доза превышает 150 % предполагаемой, ему запрещается вход в зону контроля.

На станции «Рингхалс» (Швеция) сигнал тревоги, предназначенный для запрета входа любого лица в зону контро-

ля, срабатывает при дозе в 2 мЗв, которая определяется с помощью электронного дозиметра. Однако предельная доза, при которой срабатывает сигнал тревоги, может быть увеличена в случае выполнения работ, связанных с более высокими дозами облучения. Если работник во время выполнения работ получает дозу, превышающую 1 мЗв, его имя высвечивается на экране компьютера в диспетчерской службе радиационной защиты в момент его выхода из зоны контроля [8].

На станции «Филиппсбург» (Германия) предельная персональная доза, полученная за один вход в зону контроля, обычно составляет 0,5 мЗв в день, но может быть изменена службой радиационной защиты в зависимости от предполагаемой и одобренной дозы для работы, которую необходимо выполнить во время данного входа в зону [9].

На станции «Куберг» (Южная Африка) координатор ALARA проводит расследование, если в течение одного дня работник получает незапланированную индивидуальную дозу, превышающую 2 мЗв.

Очень важна роль инспекторов и руководителей работ, контролирующих ход их выполнения. Чтобы контроль был эффективным, руководитель работ должен проводить достаточно времени на участках и находиться в курсе всех проблем, а между инспекторами и группой по радиационной защите необходимо поддерживать тесное сотрудничество [11].

Контроль над входом в зону контроля и количеством проведенного в ней времени предназначен для избежания излишних доз. С помощью электронных средств его можно осуществлять посредством выдачи разрешений на работу в радиационно-опасной обстановке, которые дают право на доступ в зону контроля только в тот день, на который они выданы. Если же разрешение рассчитано на достаточно долгое пребывание, подобная система контроля доступа может оказаться недостаточной, и в таком случае рекомендуется назначить человека, который контролировал бы доступ в эту зону.

Еще одна задача управления работами во время их выполнения состоит в том, чтобы предоставить работникам всю необходимую информацию и характеристику рабочего участка в целях снижения транзитных доз, т. е. доз, получаемых работником за время его прохождения к месту работы. Подробные план-карты, вывешенные у входа в здание ядерной установки, могут помочь уменьшить время, затрачиваемое работниками на то, чтобы добраться до места выполнения работы по безопасному маршруту. Информация относительно мощности доз также полезна, особенно если по пути следования имеются участки повышенной радиоактивности.

При проведении оценки работы следует применять разнообразные исходные данные и показатели, например наряду с показателем распределения коллективной дозы и индивидуальной дозы — такие показатели, как трудоемкость, численность персонала, продолжительность работы, необходимость повторного выполнения работы, задержки и трудности и т. д. Данные анализа ALARA до начала и по завершении работы, данные за прошлый период и данные с других участков используются для сравнительной оценки показателей.

Важное значение имеет подготовка отчетов о ходе работ, которые включают в себя технические данные и данные по радиационной защите. Такие отчеты должны содержать анализ причин отклонений от требуемых результатов (положительных или отрицательных), рекомендации по усовершенствованию, примеры положительного опыта и распространяться среди всех лиц, задействованных в работах.

После завершения работ рекомендуется провести одно или несколько совещаний, посвященных анализу их выполнения,

определению последующих необходимых мероприятий и назначению лиц, ответственных за их осуществление.

Опыт применения ALARA-методологии активно использовался при управлении работами по снятию с эксплуатации на АЭС в Козлодуде (Болгария). Поддержание облучения персонала на уровне ALARA требовало тщательной инженерной, технической и административной подготовки наиболее ответственных операций в контролируемой зоне [12], включая:

- создание дозиметрических карт в зонах работ;
- компьютерное моделирование планируемых операций;
- оценку необходимости применения контрмер для снижения фона — дезактивации, установления передвижной защиты, использования дистанционного инструмента, дополнительных вентиляционных мощностей, дополнительных ограничительных зон и т. д.; в этом случае стоимость контрмер сопоставлялась с выигрышем в снижении коллективной дозы (cost-benefit анализ);

тщательный учет опыта однотипных операций, который анализировался для выполнения подобных операций в дальнейшем.

Компьютерное моделирование оказалось эффективной технологией для подготовки операций в сложных условиях, таких как высокие уровни доз и большое количество подвергающихся облучению работников. Моделировались следующие составляющие: геометрия и механические характеристики (толщина, материал и пр.) оборудования; распределение источников; организация выполнения задач (время выполнения операций, передвижения работников и т. д.). Были построены трехмерные компьютерные модели элементов оборудования первого контура и вспомогательных систем; оценены отложения активности на этих элементах оборудования энергоблоков; построены изодозные кривые вокруг элементов оборудования; рассчитаны индивидуальные дозы в зависимости от специфики работы и продолжительности операций; оценены коллективные дозы; проведены сравнения доз для различных вариантов сценариев проведения работ. В результате моделирования источников рассчитаны прогнозные дозы облучения персонала при выполнении работ без проведения и с проведением дезактивации; выявлены наиболее опасные места; продумана стратегия выполнения работ; установлены коэффициенты дезактивации для различного оборудования в зависимости от вклада в дозу; на основании расчетных значений мощности дозы установлены контрольные уровни мощности дозы на рабочих местах, контрольные уровни суточных индивидуальных и коллективных доз персонала; выбраны инструменты с дистанционирующими ручками и средства индивидуальной защиты; составлен план мониторинга работ и радиационного контроля.

На стадии подготовки отслежена дозиметрическая история персонала, привлекаемого к работам в контролируемой зоне. К фактическим индивидуальным и коллективным дозам добавлены дозы, полученные расчетным путем при планировании работ. Проанализировав имевшиеся превышения, сделаны корректировки персонального состава бригад, подготовленных для выполнения радиационно-опасных работ.

Выводы

Многолетний международный опыт по внедрению принципа оптимизации радиационной защиты в практическую деятельность регулирующих органов и эксплуатирующих организаций свидетельствует о том, что его использование

позволит более эффективно управлять радиационной безопасностью при проведении работ по снятию с эксплуатации энергоблоков АЭС Украины. В соответствии с целями ALARA политика в отношении индивидуальных и коллективных доз персонала АЭС, снимаемой с эксплуатации, должна основываться на двух ключевых аспектах:

1) *регулирующей деятельности* по внедрению принципа оптимизации, охватывающей:

- выработку политики регулирующего органа, сформированной на гибких методах регулирования и консультаций, которая предоставляет свободу эксплуатирующей организации оптимально строить производственный процесс с целью соблюдения требований норм и правил;

- установление критериев для ведения деятельности по оптимизации и критериев эффективности примененных мероприятий;

2) *деятельности эксплуатирующей организации* по оптимизации радиационной защиты, охватывающей:

- тщательную подготовку работ с изучением всех деталей;

- использование опыта подобных работ;

- контроль над процессом выполнения работ;

- оценку опыта и выработка корректирующих мер.

Список литературы

1. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.95 № 39/95-ВР.
2. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)*: Державні гігієнічні нормативи: ДГН 6.6.1-6.5.001-98 / Комітет з питань гігієнічного регламентування; Нац. комісія з радіаційного захисту населення України. — К., 2000. — 135 с.
3. *Носовский А. В., Богорад В. И., Слепченко А. Ю. и др.* Радиационная безопасность и защита на атомных электрических станциях: Монография / Под ред. А. В. Носовского. — Х.: Оберіг, 2008. — 356 с. — (Серия «Безопасность атомных станций»).
4. *Носовский А. В.* Досвід зняття з експлуатації енергоблоків атомних електричних станцій // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2003. — № 5 (31). — С. 27—35.
5. *Положительный опыт при управлении работами*: Руководство, подготовленное для Комитета по радиационной защите и охране здоровья АЯЭ группой экспертов ISOE по воздействию управления работами на профессиональное облучение. — 1996.
6. *Шибер К.* Радиационная защита и организация остановок в работе блоков на АЭС Клинтон (США): Доклад CEPN R-229, сентябрь 1994 г.
7. *Шибер К.* Общее введение к управлению работами на примере опыта Франции и международного опыта: Практикум по оптимизации радиационной защиты при проектировании и эксплуатации АЭС, сентябрь 1997 года, Прага.
8. *Маржері Г., Шибер К.* Радиационная защита и организация остановок в работе блоков на АЭС Рингхалс (Швеция): Доклад CEPN R-232, сентябрь 1994 г.
9. *Маржері Г., Шибер К.* Радиационная защита и организация остановок в работе блоков на АЭС Филиппсбург (Германия): Доклад CEPN R-231, сентябрь 1994 г.
10. *Шибер К.* Оптимизация радиационной защиты и организация работ: Доклад CEPN R-227, сентябрь 1994 г.
11. *Маржері Г., Лефор К.* Радиационная защита и организация остановок в работе блоков на АЭС Куберг (ЮАР): Доклад CEPN R-230, сентябрь 1994 г.
12. *Phare Project BG 9809-02-03.* Radiation protection concept (RPC). — Козлодуд, Болгария, 2003.

Надійшла до редакції 04.08.2009.