

УДК 621.039.566

УРОКИ РАЗРАБОТКИ СТРАТЕГИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ОБЪЕКТА РАДИАЦИОННОГО НАСЛЕДИЯ*Горлинский Ю.Е., Кутьков В.А., Никольский О.А. (РНЦ «Курчатовский ин-т», г. Москва)*

Понятие «радиационное наследие» возникло в США в 1980—1990-х годах как характеристика загрязнения окружающей среды в результате работы ядерного оружейного комплекса, ликвидация которого стала национальной проблемой. Уже в 1993 г. в экологическую программу реабилитации Департамента энергетики США было включено 137 объектов, находящихся в 34 штатах, и этот список постоянно увеличивается [1]. В нашу страну это понятие пришло вместе с осмыслением последствий холодной войны и анализом состояния предприятий атомной промышленности СССР с точки зрения их соответствия требованиям законодательной базы обеспечения безопасности, которую сформировали законы о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения, охране окружающей среды, использовании атомной энергии и радиационной безопасности населения. Этому способствовали серьезные субъективные факторы, обусловленные обеспокоенностью заинтересованных сторон (населения, властей, экологических и общественных организаций) возможными радиоэкологическими последствиями прошлой и текущей деятельности.

Понятие «радиационное наследие» используют для обозначения проблем, связанных с радиоактивным загрязнением окружающей среды вследствие прошлой деятельности объектов использования атомной энергии. Особую часть составляют территории, загрязненные вследствие радиационных аварий или деятельности ликвидированных предприятий [2, 3]. По мере завершения оценки размеров наследия актуальной становится его ликвидация, которую можно рассматривать на локальном и глобальном уровнях. На локальном уровне рассматривают очистку отдельных загрязнений или загрязненных зданий на площадках действующих объектов, на является бременем как источник опасности для персонала, населения и окружающей среды для эксплуатирующей организации, которая не

глобальном — вывод такого объекта из эксплуатации и рекультивация площадки.

Настоящая статья посвящена анализу проблем, которые возникают при прекращении деятельности предприятий, являющихся радиационным наследием СССР. Строгое определение объекта радиационного наследия и путей его экологической реабилитации является одним из предметов статьи. В основе статьи лежит опыт экологической реабилитации пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремихе (Мурманская область).

Определение объекта радиационного наследия. Согласно статье 3 закона «Об использовании атомной энергии» к таким объектам относятся ядерные установки, радиационные источники, пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилища радиоактивных отходов. В настоящей статье такой объект:

спроектирован, создан и эксплуатировался в соответствии с регулирующими требованиями, не соответствующими ныне действующим, претерпевшими значительные изменения с принятием законов «Об использовании атомной энергии» и «О радиационной безопасности населения»;

не может использоваться без реконструкции, поскольку в значительной степени не отвечает требованиям действующих норм и правил регулирования безопасности при использовании атомной энергии, относящихся к условиям его эксплуатации по первоначальному назначению;

долгое время не используется по назначению и эксплуатируется в режиме окончательного останова в условиях сокращения объема технического обслуживания и численности персонала;

планирует его дальнейшее использование по назначению.

Одна из главных причин возникновения таких объектов в нашей стране заключается в том,

что в течение долгого времени до создания законодательной базы практика регулирования безопасности не соответствовала общемировым требованиям, определяемым рекомендациями МКРЗ и стандартами МАГАТЭ. Регулирование безопасности основывается на определении того, какие условия использования атомной энергии являются безопасными и каким правилам необходимо следовать, чтобы эти условия соблюдались. Правила обеспечения безопасности формулирует МАГАТЭ. Определение того, что можно считать безопасным, является задачей МКРЗ, которая издает свои рекомендации в форме публикаций. Рекомендации МКРЗ являются монографиями, излагающими основные итоги развития радиационной безопасности как научной дисциплины. Вместе с критериями радиационной безопасности в них формулируются цели и методы радиационной защиты при использовании атомной энергии.

В начале 1990-х годов МКРЗ в Публикации № 60 [4] предложила систему радиационной защиты, основанную на концепции ограничения ущерба здоровью вследствие возникновения стохастических эффектов облучения человека. В последних рекомендациях МКРЗ 2007 г. концепция ограничения ущерба получила свое дальнейшее развитие [5, 6].

Разработка регулирующих документов, опирающихся на рекомендации МКРЗ, является частью уставной деятельности МАГАТЭ. В течение примерно 5 лет после публикации очередных таких рекомендаций МАГАТЭ на их основе создает стандарты безопасности, которые служат основой гармонизации национального регулирования с общемировыми рекомендациями в этой области. Действующие в настоящее время Международные основные нормы безопасности для защиты от ионизирующих излучений и безопасного обращения с источниками излучения выпущены в 1996 г. [7] вслед за Публикацией № 60 МКРЗ. Как правило, внедрение стандартов МАГАТЭ на национальном уровне занимает около 5 лет.

В начале 1990-х годов в нашей стране началась перестройка системы регулирования безопасности в целях ее гармонизации с общемировыми стандартами и подготовлена первая редакция норм радиационной безопасности, в основу которых были положены отечественный опыт обеспечения радиационной безопасности и основные рекомендации МАГАТЭ [7]. Новое

частично переработанное и дополненное издание таких норм (НРБ-99) и Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) были утверждены в 1999 г. Вместе с законами [3] эти нормы и правила сформировали основу системы регулирования радиационной безопасности при использовании атомной энергии в нашей стране.

Революционное развитие регулирования в нашей стране обострило проблемы радиационного наследия. Кардинальное изменение внешней и внутренней политики страны в начале 1990-х годов сделало невостребованными многие объекты использования атомной энергии, созданные для решения задачи удержания ядерного паритета. В этой ситуации единственным приемлемым состоянием таких объектов стала их эксплуатация в режиме окончательного останова, допускающая на законных основаниях снижение регулирующих требований, сокращение объема технического обслуживания и численности персонала. Чем дольше такой объект эксплуатируется в режиме окончательного останова в ожидании начала вывода из эксплуатации, тем большим бременем он становится для эксплуатирующей организации, а деградация защитных барьеров делает такой объект все более опасным.

Характерным примером объекта радиационного наследия является береговая техническая база ВМФ в Гремихе, расположенная на берегу Баренцева моря. Более 40 лет ее использовали для базирования и технического обслуживания атомных подводных лодок. Жилая и производственная территории базы составили основу закрытого административно-территориального образования г. Островного общей площадью около 46 тыс. га, из которых 1 тыс. га составляют земли поселений, примерно 16 тыс. га — земли Министерства обороны России с жилыми массивами на 25 тыс. чел. В начале 2000-х годов база была упразднена как подразделение ВМФ и преобразована в пункт временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремихе, находящийся в ведении Росатома. Этот участок территории окружен санитарно-защитной зоной и имеет физическую защиту. После удаления отработавшего ядерного топлива из пункта временного хранения вся остальная территория Островного может рассматриваться как пригодная для освоения еще до окончания удаления радиоак-

тивных отходов и рекультивации отдельных загрязненных участков общей площадью около 6,5 га.

В результате конверсии состояние этого объекта радиационного наследия приведено в соответствие с требованиями регулирования безопасности при использовании атомной энергии, полным ходом идут подготовительные работы для его безопасного вывода из эксплуатации, разрабатывается стратегия экологической реабилитации [8].

Экологическая реабилитация объекта радиационного наследия. Она создает условия для прекращения его лицензируемой деятельности за счет исключения факторов, определяющих радиационную опасность, очистки площадки размещения до уровня остаточного радиоактивного загрязнения, приемлемого для всех заинтересованных сторон, допускающего освобождение рекультивированной площадки от регулирующего контроля и возможность ее иного использования [9]. В качестве возможных рассматривают два класса конечных состояний такой площадки:

освобождение от регулирующего контроля и неограниченное использование («зеленая лужайка»);

условное освобождение и ограниченное использование в качестве площадки для нового промышленного объекта («коричневая лужайка») [9—11].

Эти состояния характеризуются различным остаточным загрязнением окружающей среды и, следовательно, уровнем облучения, который уменьшается по мере приближения к состоянию зеленой лужайки. Подразумевается, что остаточное загрязнение зеленой лужайки настолько низко, что допускает ее использование без каких-либо ограничений 24 ч в сутки любыми лицами из состава населения (взрослые, дети, беременные женщины). На использование коричневой лужайки накладывают ограничения, объем которых определяют остаточное загрязнение и пути облучения персонала. При большом остаточном загрязнении на площадке возможно размещение только нового радиационно опасного объекта. Размещение объекта иного (общепромышленного) назначения возможно при меньших уровнях загрязнения площадки и как минимум при ограничении продолжительности пребывания персонала на его территории (не более 8 ч в сутки) и запрещении пребывания

отдельных групп населения, например, детей и беременных женщин.

Разработка стратегии показала, что наиболее приемлемой является поэтапная экологическая реабилитация пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов, которая является длительным процессом. Например, на экологическую реабилитацию упомянутого пункта временного хранения в Гремехе потребуется от 25 до 35 лет [9—11]. Работы следует разбивать на законченные промежуточные этапы, характеризующиеся последовательным повышением безопасности объекта в целом. На каждом этапе объект должен быть управляемым, стабильным, защищенным, безопасным и соответствовать требованиям безопасности при использовании атомной энергии. Для Гремехи приняты три этапа.

Этап 1 (первые 10 лет) — подготовка к выводу из эксплуатации, включая:

конверсию пункта в объект, отвечающий требованиям норм и правил безопасности при использовании атомной энергии;

подготовку персонала для вывода объекта из эксплуатации;

подготовку защищенных и безопасных мест для обращения с отработавшим ядерным топливом и промежуточного хранения первичных радиоактивных отходов;

подготовку и удаление с площадки отработавшего ядерного топлива для переработки или долговременного хранения;

подготовку и удаление с площадки первичных радиоактивных отходов для долговременного хранения или захоронения;

перепрофилирование отдельных установок (зданий, сооружений) в технологические хранилища для вторичных отходов.

Этап 2 (следующие 10—15 лет) — вывод из эксплуатации объекта в целом и долговременное хранение на площадке вторичных радиоактивных отходов низкой активности (включая строительные) до принятия решения о конечном состоянии площадки после завершения рекультивации.

Этап 3 (последующие 5—10 лет) — рекультивация площадки и прибрежной акватории до остаточного загрязнения, которое допускает прекращение лицензируемой деятельности, связанной с объектом радиационного наследия, и освобождает от регулирующего контроля.

Разработка стратегии экологической реабилитации пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремихе позволила извлечь уроки, которые безусловно будут полезны при реабилитации других объектов радиационного наследия. Их характеризуют следующие три положения.

1. Для ликвидации объекта радиационного наследия необходимы условия прекращения лицензируемой деятельности, связанной с использованием атомной энергии, после достижения его конечного состояния. Опыт показывает, что максимальное использование освоенных территорий на берегах северных морей, которые долгое время использовали для оборонных целей, а сейчас демилитаризуют, является одним из путей снижения затрат на обеспечение приемлемых условий для продуктивной работы и нормальной жизни. В настоящее время этот регион, богатый углеводородным и минеральным сырьем, привлекателен для бизнеса благодаря наличию источников энергии, средств связи, изученности рельефа, геологического строения и топографии и возможности использования освобождаемых промышленных и социально-бытовых объектов, включая объекты инфраструктуры уже освоенных территорий. Получение выгоды от ранее вложенных средств возможно при определении конечной коммерческой цели использования такой территории и правильном выборе экологической реабилитации расположенных на ней опасных объектов.

Необходимым условием вовлечения рекреативированной территории в полноценный хозяйственный оборот является возможность законного прекращения на ней лицензируемой деятельности, связанной с объектом радиационного наследия, и завершения его жизненного цикла. Этому препятствует сложившаяся в нашей стране практика, предусматривающая, что значительная часть территории объекта использования атомной энергии навечно выводится из хозяйственного оборота и после вывода из эксплуатации одного объекта может быть использована только для размещения другого радиационно опасного объекта. Такое положение отражено в нормативной базе: в статье 26 закона «Об использовании атомной энергии», который устанавливает общие требования к лицензии на право ведения работ в области использования атомной энергии, отсутствуют условия прекра-

щения лицензируемой деятельности. Порядок и условия лицензирования устанавливает Положение о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии, утвержденное в 1997 г. Этим положением, а вслед за ним и регулирующими документами государственного надзора за безопасностью при использовании атомной энергии прекращение действия лицензии рассматривается только в качестве санкции, лишающей права осуществления лицензированной деятельности. Хотя под выводом из эксплуатации понимается деятельность, осуществляемая после прекращения эксплуатации объекта ЯТЦ, исключая использование объекта по проектному назначению и направленная на безопасность работников (персонала), населения и окружающей среды вплоть до освобождения от регламентации нормами радиационной безопасности [12], в нашей стране отсутствуют правовые акты, связывающие прекращение действия лицензии с освобождением от регулирующего контроля и трактующие их как завершение деятельности объекта использования атомной энергии. Например, согласно федеральным нормам и правилам [13] работы по выводу из эксплуатации завершаются после достижения установленного проектом конечного состояния, что подтверждается оформлением соответствующего акта, но при этом не регламентируются условия освобождения от регулирующего контроля. В итоге вывод из эксплуатации приводит только к прекращению использования объекта по первоначальному назначению и его жизненный цикл не завершается. В США условия прекращения действия лицензии и освобождения от регулирующего контроля площадки выведенного из эксплуатации объекта [14] являются одной из основ регулирования использования атомной энергии и решения проблемы радиационного наследия. Следуя требованиям государств-членов и учитывая мировой опыт в этой области, МАГАТЭ выпустило специальные рекомендации [15].

Таким образом, экологическая реабилитация объекта радиационного наследия открывает возможность использования освобождающейся территории для развития хозяйственной деятельности, не связанной с использованием атомной энергии. Необходимым условием обеспечения такой возможности является разработка нормативной базы прекращения действия лицензии на право осуществления деятельности,

связанной с объектом, и освобождения рекультивированной площадки от регулирующего контроля.

2. Достижение конечного состояния объекта экологической реабилитации преобразует ситуацию техногенного облучения населения в ситуацию остаточного облучения. Согласно принятой МКРЗ концепции беспорогового действия излучения любой источник является для человека одновременно источником и вреда, и опасности. Вред источника определяется уровнем связанного с ним облучения в планируемых (контролируемых) условиях эксплуатации. Опасность источника определяется возможностью его выхода из-под контроля и как следствие переоблучением людей, что может привести к развитию опасных для жизни тяжелых детерминированных эффектов облучения. В рамках планируемой деятельности по использованию атомной энергии источник техногенного облучения проектируют и эксплуатируют таким образом, чтобы для населения он представлял приемлемый вред и минимальную опасность. Регулирование безопасности в ситуации планируемого облучения направлено на эффективное управление техногенным источником для предотвращения его выхода из-под контроля. При этом одной из целей радиационного нормирования является ограничение опасности источников техногенного облучения посредством установления пределов дозы облучения [16].

По завершении экологической реабилитации происходит превращение объекта радиационного наследия из источника техногенного облучения в рекультивированную площадку с остаточным загрязнением, которая при ограничении допустимой активности представляет для населения определенный вред, но пренебрежимо малую опасность [17]. Согласно последним рекомендациям МКРЗ после прекращения практической деятельности, связанной с таким источником, воздействие на человека следует рассматривать как «ситуацию существующего облучения» (existing exposure situation) [5, 6]. Для целей регулирования радиационной безопасности этот вариант радиационного воздействия МКРЗ рассматривает отдельно от ситуаций планируемого и аварийного облучения, к которым относят облучение в контролируемых условиях эксплуатации источника техногенного облучения и неконтролируемое облучение вследствие радиационной аварии соответственно [6].

К

такой ситуации относится долговременное облучение долгоживущими радионуклидами, распределенными в окружающей среде и уже находящимися в ней до рассмотрения необходимости установления контроля за облучением. К источникам такого облучения, в частности, относятся природные радионуклиды, а также глобальные и локальные загрязнения, возникшие вследствие испытаний ядерного оружия, радиационных аварий или прекращенной практической деятельности. Формально в отечественном регулировании защита населения в такой ситуации облучения не рассматривается, хотя неявно имеет место при ограничении природного облучения в НРБ-99. Согласно рекомендациям МКРЗ [18] и МАГАТЭ [15, 19] необходимо использовать различные подходы к определению условий безопасности человека в ситуациях планируемого и распределенного остаточного облучения, поскольку в первом случае необходимо защитить человека от источника опасности, во втором — от источника вреда.

Таким образом, результатом экологической реабилитации объекта радиационного наследия является преобразование источника техногенного облучения в рекультивированную площадку, на которой находятся объекты окружающей среды с распределенным остаточным радиоактивным загрязнением. Согласно рекомендациям МКРЗ облучение населения за счет таких объектов следует рассматривать как ситуацию существующего облучения и применять специальные меры по защите населения, значительно отличающиеся от применяемых в случае техногенного облучения.

3. Радиационная безопасность населения в ситуации распределенного остаточного (существующего) облучения подчиняется принципу приемлемости. На всех этапах жизненного цикла объекта использования атомной энергии нормальная эксплуатация характеризуется ситуацией планируемого и, следовательно, контролируемого техногенного облучения персонала и населения. Определение необходимых регулирующих требований к радиационной защите человека в ситуации планируемого облучения сформулировано в пункте 1 статьи 3 закона «О радиационной безопасности населения» и НРБ-99. В ситуации аварийного облучения защита персонала и населения следует другим принципам, которые устанавливает пункт 2 ста-

ты 3 указанного закона. Такое различие обусловлено спецификой целей и методов защиты населения в указанных ситуациях облучения. Защита населения в ситуации распределенного остаточного облучения, рассматриваемой в последних рекомендациях МКРЗ [5, 18], не была включена в регулирование безопасности при использовании атомной энергии в нашей стране. В связи с этим в 1996—1999 гг. в санитарных нормах и правилах не определены принципы и критерии освобождения территорий с остаточным радиоактивным загрязнением от регулирующего контроля, что сыграло важную роль в принятии решений о долговременной защите населения, проживающего на территории, загрязненной вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Эти решения следовали принципам радиационной защиты населения в условиях нормальной эксплуатации источников излучения [20], что в конечном итоге привело к неоправданным экономическим потерям и ущербу для здоровья жителей загрязненных территорий [21].

Опыт показывает, что если уровень годовой эффективной дозы хронического облучения в условиях проживания на территории с остаточным радиоактивным загрязнением не превышает несколько миллизиверт в год, то вывод такого источника облучения из-под контроля не способен привести к развитию опасных для жизни тяжелых детерминированных эффектов излучения. При такой дозе облучения не представляется возможным зарегистрировать и радиогенное повышение уровня стохастических эффектов [5, 6, 17, 18, 22]. В таких условиях защита населения направлена на уменьшение гипотетического радиогенного вреда, а безопасность населения обусловлена приемлемостью мер защиты и риска облучения для всех заинтересованных сторон. Такой подход является реализацией концепции социально приемлемого риска и отвечает общим рекомендациям МКРЗ относительно оптимизации радиационной защиты в ситуации распределенного остаточного (существующего) облучения [5, 6, 18]. Кратко его суть можно сформулировать в форме принципа приемлемости: конечное состояние объекта использования атомной энергии после вывода из эксплуатации и рекультивации его площадки должно быть приемлемым для всех заинтересованных сторон. Применительно к всему жизненному циклу принцип приемлемости можно

сформулировать в более общем виде — состояние объекта использования атомной энергии на всех этапах его жизненного цикла должно быть приемлемо для всех заинтересованных сторон.

Не будучи сформулированным, этот принцип отражен в основных положениях статей 2, 11, 12, 14, 28, 29, 30 и 33 закона «Об атомной энергии», которые ставят принятие решений относительно использования атомной энергии в зависимость от позиции заинтересованных сторон: федеральных и региональных органов государственной власти, органов местного самоуправления, коммерческих и некоммерческих организаций, в том числе общественных организаций и граждан. Принцип приемлемости дополняет основные принципы радиационной безопасности применительно к ситуации облучения, которая возникает после достижения конечного состояния объекта радиационного наследия по завершении его экологической реабилитации.

Оценка приемлемости конечного состояния рекультивированной площадки объекта и достижение этого состояния являются главной составляющей планирования экологической реабилитации. Необходимым условием ее объективности является вовлечение в принятие решений всех сторон, заинтересованных в проектируемой или существующей деятельности. Привлечение заинтересованных лиц является важнейшим этапом обоснования практической деятельности, приводящей к облучению населения, например, обращения с радиоактивными отходами или рекультивации площадки объекта после вывода из эксплуатации. С ростом числа объектов, выводимых из эксплуатации, эта практика становится все более распространенной [23]. Прямая выгода от привлечения заинтересованных лиц к обоснованию деятельности заключается в том, что такой подход позволяет сформулировать социально-приемлемые варианты решений, а также рассматривать приемлемость вариантов решений с разных точек зрения — экологической, экономической, технической и др. Такой подход [24]:

улучшает качество принимаемых решений благодаря расширению используемой информационной базы и формированию более широкого представления о проблеме;

ускоряет принятие решений и повышает его эффективность в терминах затрат и времени;

делает легитимным принятие решения, улучшает управление конфликтами и учитывает интересы всех групп заинтересованных лиц.

В целом этот подход расширяет стратегические возможности лиц, принимающих решения, улучшает информированность заинтересованных сторон и населения в целом, позитивно изменяет общественное восприятие происходящего и формирует у населения рациональное концептуальное представление о принимаемых решениях, повышает доверие населения к действиям лиц, принимающих решения, путем модификации традиционных отношений и конфликтов между властью и обществом, укрепления демократических институтов и усиления причастности граждан к решению социально значимых задач.

Методы вовлечения заинтересованных лиц в принятие решений разнообразны. Выбор наиболее эффективного из них определяется сутью решаемой проблемы. Например, при определении приемлемости экологической реабилитации по основным позициям, таким, как конечное состояние площадки после рекультивации, ее дальнейшее использование, пути достижения конечного состояния, ситуация противоречива и неопределенна, поскольку каждая заинтересованная сторона имеет свою позицию в решении этой проблемы [9]. В случае пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремихе для вовлечения заинтересованных сторон был выбран метод [24], в рамках которого представители заинтересованных сторон совместно развивают представления о задачах, требующих решения, и оценивают предложения о методах и средствах достижения поставленных целей. Такой подход облегчает исследования различных вариантов и ведет к сотрудничеству при выработке приемлемой стратегии. Однако применение этого метода затрудняется тем, что факторы, влияние которых следует учитывать при оценке приемлемости той или иной стратегии, имеют разную природу, а критерии их приемлемости — количественный и качественный характер, что делает малоприменимыми численные методы поиска оптимального решения. Экспертные оценки влияния факторов и многофакторный анализ этих оценок при анализе принимаемых решений позволили эффективно оперировать с качественными и количественными критериями и показали высокую эффективность [9]. Метод [24] вме-

сте с экспертной оценкой влияния факторов на приемлемость принимаемых решений позволил в короткие сроки и с минимальными затратами из множества возможных конечных состояний объекта после его реабилитации определить наиболее приемлемый и обосновать стратегию его достижения [10].

Таким образом, следование принципу приемлемости является основой достижения цели экологической реабилитации объекта радиационного наследия. Это требует рассмотрения позиций всех заинтересованных сторон, а многофакторный анализ экспертных оценок позволяет оценить позиции единой мерой приемлемости. Результатом следования принципу является определение такого пути достижения конечного состояния рекультивированной территории объекта, который с позиций заинтересованных сторон является приемлемым и безопасным.

Заключение. Настоящая статья является попыткой анализа проблем, связанных с ликвидацией объектов радиационного наследия СССР посредством экологической реабилитации. Анализ показал, что в основе проблемы радиационного наследия лежит состояние системы регулирования безопасности при использовании атомной энергии. Приведение отечественной законодательной и нормативной базы безопасности в соответствие с общемировым уровнем в середине 1990-х годов привело к существенному изменению критериев безопасности. Без дальнейшего развития регулирования безопасности в гармонии с развитием рекомендаций МКРЗ и стандартов МАГАТЭ нельзя безопасным образом ликвидировать объекты радиационного наследия СССР.

Опыт показал, что для экологической реабилитации пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремихе необходимы условия прекращения лицензируемой деятельности, связанной с использованием атомной энергии, после достижения конечного состояния. Регулирование прекращения лицензируемой деятельности должно учитывать, что достижение конечного состояния объекта экологической реабилитации преобразует ситуацию техногенного облучения населения в ситуацию распределенного остаточного (существующего) облучения, при которой для радиационной безопасности населения нужно следовать принципу приемлемости.

Таким образом, необходимым условием ликвидации радиационного наследия является разработка нормативной базы прекращения действия лицензии на право осуществления деятельности в области использования атомной энергии и освобождения рекультивированной площадки с остаточным радиоактивным загрязнением от регулирующего контроля. Рекомендации МКРЗ по защите населения в ситуации такого облучения и стандарты МАГАТЭ сформировали базу для разработки национального регулирования в этой области. Можно надеяться, что они будут отражены в новых отечественных нормах радиационной безопасности, работа над которыми началась после выхода последних рекомендаций МКРЗ 2007 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **The Secretary** Annual Report to Congress 1992—1993. Report DOE/S-0111. Washington, Department of Energy, 1993.
2. **The Radiation** Legacy of the Soviet Nuclear Complex. An Analytical Overview. N.E. Egorov, V.N. Novikov, F.L. Parker, V.K. Popov Editors. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis, 2000.
3. **Lebedev V.A.** The radiation legacy of Russia. — In: Proc. Intern. Conf. on Radiation Legacy of the 20th Century: Environmental Restoration. Moscow, 2000. TECDOC-1280. Vienna: IAEA, 2002, p. 9—29.
4. **Publication 60.** 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 1991, v. 21, № 1—3.
5. **Publication 103.** Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press, 2007, v. 37, № 2—3.
6. **Кутьков В.А.** Эволюция системы обеспечения радиационной безопасности в свете новых рекомендаций МКРЗ и МАГАТЭ. — АНРИ, 2007, № 1(48), с. 2—24.
7. **International** Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. Safety Ser. № 115. Vienna: IAEA, 1996.
8. **Gorlinsky Yu.Ye., Kazennov A.Yu., Nikolsky O.A. e.a.** Environmental remediation of spent nuclear fuel and radioactive waste temporary storage facilities in Gremikha village: challenges and proposed solutions. — In: Proc. Intern. Workshop on Cleaning up Sites Contaminated with Radioactive Materials. Moscow, 2007. Washington: National Academies Press, 2009, p. 137—151.
9. **Былкин Б.К., Горлинский Ю.Е., Кутьков В.А. и др.** Применение многофакторного анализа для выбора вариантов конечного состояния и стратегий экологической реабилитации пункта временного хранения ОЯТ и РАО в поселке Гремикха: Препринт ИАЭ-6456/3, 2007.
10. **Bylkin B.K., Gorlinsky Yu.E., Kutkov V.A. e.a.** Features of solving the problems of remediation of «SevRAO» facilities: strategic planning of ecological remediation of the facility for spent nuclear fuel and radiation waste temporary storage in Gremikha. — In: Proc. Intern. Workshop on Challenges in Radiation Protection and Nuclear Safety Regulation of the Nuclear Legacy. Zvenigorod, 2007. NATO Science for Peace and Security Ser. C: Environmental Security. Springer Sci. + Business Media B.V., 2008, p. 127—152.
11. **Gorlinsky Yu.Ye., Kutkov V.A., Shandala N.K.** Criteria for environmental rehabilitation of the temporary storage site for spent nuclear fuel and radioactive waste in Gremikha village. — In: Proc. Intern. Workshop on Cleaning up Sites Contaminated with Radioactive Materials. Moscow, 2007. Washington: National Academies Press, 2009, p. 152—160.
12. **Общие** положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла (ОПБ ОЯТЦ). Фед. нормы и правила в области использования атомной энергии НП-016-05. М.: Ростехнадзор, 2005.
13. **Правила** обеспечения безопасности при выводе из эксплуатации ядерных установок ядерного топливного цикла. Фед. нормы и правила в области использования атомной энергии НП-057-04. М.: Ростехнадзор, 2004.
14. **10 CFR Part 20** — Standards for Protection against Radiation. Subpart E — Radiological Criteria for License Termination. US Nuclear Regulatory Commission.
15. **Release** of Sites from Regulatory Control on Termination of Practices. Safety Guide. Saf. Stand. Ser. WS-G-5.1. Vienna: IAEA, 2006.
16. **Кутьков В.А., Голиков В.Я., Демин В.Ф.** Проблемы нормирования в области ионизирующего излучения. — Атомная энергия, 1998, т. 85, вып. 2, с. 116—120.
17. **Кутьков В.А., Ткаченко В.В., Романцов В.П.** Радиационная безопасность персонала атомных станций. Учебное пос. Под общ. ред. В.А. Кутькова. Москва—Обнинск: Атомтехэнерго, ИАТЭ, 2003.
18. **Protection** of the Public in Situations of Prolonged Radiation Exposure. ICRP Publication 82. Oxford: Pergamon Press, 1999, v. 29, № 1—2.
19. **Remediation** Process for Areas Affected by Past Activities and Accidents. Safety Guide. Safety Stand. Ser. WS-G-3.1. Vienna: IAEA, 2007.
20. **Belyaev S.T., Demin V.F., Kutkov V.A. e.a.** Characteristics of the development of the radiological situation resulting from the accident, intervention levels and countermeasures. — In: Proc. First Intern. Conf. of the EC, Belarus, Russia and Ukraine on the Radiological Consequences of the Chernobyl Accident. Minsk, 1996. Bruxelles—Luxembourg: EC, 1996, p. 19—28.
21. **Kutkov V.A., Demin V.F., Vasiliev A.P. e.a.** Analysis of the regulation on protective and remedial measures on the radioactive contaminated territories. — In: Proc. Intern. Conf. on Radiation Legacy of the 20th Century: Environmental Restoration. Moscow, 2000. TECDOC-1280. Vienna: IAEA, 2002, p. 79—90.
22. **Кутьков В.А.** Основные положения рекомендаций МАГАТЭ по защите персонала и населения в случае радиационной аварии. — Радиация и риск, 2006, т. 15, № 3—4, с. 133—156.
23. **An Overview** of Stakeholder Involvement in Decommissioning. Nuclear Energy. Series NW-T-2.5, Vienna: IAEA, 2009.

24. **Stakeholder** Involvement Techniques. Short Guide and Annotated Bibliography. NEA Report 5418. Paris: OECD,

2004.

Поступила в Редакцию 20.04.09

Рефераты статей

УДК 621.31

Кархов А.Н. **Методики оценки эффективности инновационных проектов в энергетике.** — Атомная энергия, 2009, т. 107, вып. 6, с. 303—307.

Представлен анализ методик оценки экономической эффективности инновационных проектов, основанных на сравнении цен (приведенных затрат) и прибыли (чистого дисконтированного дохода) инновационных проектов. Обращается внимание на недостатки методик, приводящие к ошибочным оценкам. В частности, некорректное отождествление нормы дисконта и коммерческого процента на капитал может приводить к задержкам внедрения инновационных проектов в ядерной энергетике. Замена критерия минимума цен (приведенных затрат) на критерий максимума прибыли (дисконтированного дохода) может приводить к необоснованному завышению эффективности инвестиций. Для устранения этих недостатков предлагается в качестве общего для всех указанных методик критерия эффективности использовать индекс доходности дисконтированных инвестиций. Рис. 2, табл. 1, список лит. 5 назв.

УДК 621.039.58

Былкин Б.К., Горелов К.А., Енговатов И.А., Зайцев А.Н., Зимин В.К., Мусорин А.И., Рубцов П.М., Ноздрин Г.Н. **Совершенствование регулирующих документов по выводу из эксплуатации энергоблоков АЭС.** — Атомная энергия, 2009, т. 107, вып. 6, с. 307—312.

Рассмотрены подходы к переработке документов, регулирующих безопасность при выводе из эксплуатации энергоблоков АЭС. Предлагается ввести в рассмотрение понятие планирования вывода из эксплуатации как для действующих, так и вновь проектируемых энергоблоков АЭС на всех стадиях их жизненного цикла. Показывается необходимость переработки разделов, посвященных выводу из эксплуатации энергоблоков АЭС, в документах, обосновывающих как эксплуатацию, так и вывод из эксплуатации. Список лит. 5 назв.

УДК 621.039.5,536.24

Закиров С.Ю. **Расчет теплогидравлических параметров активной зоны, составленной из бесчехловых ТВС.** — Атомная энергия, 2009, т. 107, вып. 6, с. 312—317.

На основе программы поканального метода расчета «Кедр» разработана программа для расчета теплогидравлических параметров активной зоны с бесчехловыми ТВС как единого массива твэлов. В алгоритме программы «Кедр-А» используется принцип декомпозиции (разбиения) расчетной области активной зоны (1/12 части). Расчетное пространство разбивается на определенное число подобластей — элементов симметрии с повторяемой геометрической структурой решетки расстановки твэлов и других конструктивных элементов активной зоны. Теплогидравлические параметры ячеек в каждом сечении активной зоны рассчитываются итерационно по элементам симметрии всех бесчехловых ТВС 1/12 части активной зоны ядерного реактора с водным теплоносителем. Элементы симметрии связываются между собой через условия на границах, соединяющих эти области.

Для проверки расчетного алгоритма проведено сравнение с экспериментальными данными о перемешивании теплоносителя, которые получены на теплотехническом стенде, состоящем из семи бесчехловых ТВС. Рис. 4, список лит. 8 назв.

Окончание см. на с. 352