

Т. Я. Кутузова¹, Ю. Н. Лобач²,
Е. В. Сваричевская², И. А. Шевченко¹

¹ Государственный комитет ядерного регулирования Украины

² Институт ядерных исследований НАН Украины

Особенности выбора площадки для размещения исследовательского ядерного реактора

Проанализированы основные принципы, требования и подходы для выбора площадки размещения исследовательского ядерного реактора, а также рассмотрены некоторые вопросы его эксплуатации, связанные с влиянием на окружающую среду, обращением с производственными отходами и минимизацией последствий возможных радиационных аварий.

Т. Я. Кутузова, Ю. М. Лобач, О. В. Сваричевська, І. А. Шевченко

Особливості вибору майданчика для розміщення дослідницького ядерного реактора

Проаналізовано основні принципи, вимоги і підходи для вибору майданчика розміщення дослідницького ядерного реактора, а також розглянуто деякі питання його експлуатації, пов'язані з впливом на навколишнє природне середовище, поводження з виробничими відходами і мінімізацією наслідків можливих радіаційних аварій.

Термин *исследовательские ядерные реакторы* (далее — ИЯР) охватывает широкий круг ядерных реакторов, которые не используются для производства электроэнергии. Основным назначением таких реакторов является генерация нейтронов для исследовательских, испытательных, технологических и медицинских целей. Существует большое разнообразие типов ИЯР, связанное, прежде всего, с целями их использования [1]. Вместе с тем четкой и полной классификации ИЯР по типам нет, поскольку отсутствуют общепринятые технические стандарты [2]. Размеры и мощность исследовательских реакторов значительно меньше по сравнению с энергетическими ядерными реакторами, они имеют существенно другую конструкцию и эксплуатируются при достаточно низких температурах.

В настоящий период в Украине эксплуатируется два исследовательских реактора: реактор ВВР-М, расположенный в Институте ядерных исследований НАН Украины, г. Киев, и реактор ИР-100 Севастопольского университета ядерной энергии и промышленности.

Благодаря своим уникальным характеристикам, достаточно мощный реактор ВВР-М играет важную роль в обеспечении инфраструктуры ядерной отрасли. Это касается как фундаментальных исследований по ядерной и нейтронной физике, радиационного материаловедения, радиационной физики полупроводников, радиационной химии, биологии, медицины, так и прикладных работ и технологических разработок, таких как нейтронно-активационный анализ, нейтронное легирование кремния, нейтронография, разработка датчиков внутриреакторного контроля, производство радиоизотопов. Реактор находится в эксплуатации с 1960 г., в настоящее время его ресурс продлен до 2015 г., после чего планируется его останов и снятие с эксплуатации.

В стране, где 50 % всей электроэнергии производится на АЭС, наличие исследовательского реактора является необходимым условием научно-технического сопровождения отрасли и надежным инструментом оценки безопасности ядерных энергетических реакторов. Поэтому актуален вопрос строительства нового ИЯР, который придет на смену реактору ВВР-М. Проектом «Концепции нового многоцелевого исследовательского ядерного реактора» [3] предусматривается сооружение ИЯР тепловой мощностью порядка 20 — 30 МВт с эффективной инфраструктурой и определяются основные требования к его проектированию, строительству и эксплуатации при обеспечении приемлемого уровня защиты человека и окружающей среды.

В статье проанализированы и обобщены основные принципы, требования и подходы для выбора площадки размещения ИЯР, а также рассмотрены основные проблемы, возникающие при его эксплуатации, которые связаны с влиянием на окружающую среду, обращением с производственными отходами и минимизацией последствий возможных радиационных аварий.

Общие требования к площадке

В настоящее время Государственным комитетом ядерного регулирования Украины разрабатываются нормативно-правовые акты «Требования к выбору площадки для размещения атомной станции» и «Требования к выбору площадки для размещения хранилища для захоронения радиоактивных отходов» с учетом существующей нормативной базы, а также целого ряда международных рекомендаций,

критериев и стандартов для выбора и оценки площадки размещения АЭС [4 — 16].

Степень воздействия ИЯР на безопасность персонала, населения и окружающей среды зависит от типа ИЯР и уровня его мощности, но она существенно ниже возможного воздействия энергетического ядерного реактора. Для ИЯР рекомендации по выбору площадки в самом общем виде рассмотрены лишь в [17].

Выбор наиболее приемлемой площадки для ядерной установки, будь то ИЯР или АЭС, включает рассмотрение значительного по площади региона для определения не менее трех возможных площадок, после чего выполняется детальное обследование каждой из них (Закон Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности», статья 37). Главной целью оценки площадки для размещения ядерной установки с точки зрения ядерной и радиационной безопасности является оптимальная защита населения и окружающей среды от радиационного воздействия при нормальной эксплуатации, проектных авариях и его ограничения при запроектных авариях.

При выборе площадки необходимо рассматривать следующие аспекты:

влияние внешних событий в районе размещения ядерной установки (как природные явления, так и события, связанные с деятельностью человека) на всех этапах жизненного цикла;

характеристики площадки и окружающей среды, которые имеют или могут иметь влияние на распространение радиоактивных веществ и облучение населения;

плотность населения, характер его расселения и род деятельности, а также другие характеристики площадки и прилегающих территорий с точки зрения возможности выполнения противоаварийных мер.

Если при оценке площадки согласно с указанными тремя аспектами будет определено, что выявленные проблемы нельзя преодолеть путем изменений в проекте установки, внедрением дополнительных защитных мер или других административных действий, то такая площадка должна быть исключена из дальнейшего рассмотрения.

Не допускается размещение АЭС:

на территориях, подверженных затоплению катастрофическими паводками и наводнениями (уровень затопления выше 1 м, скорость течения воды более 0,7 м/с);

на территориях с активно развивающимися процессами деформации русел рек и берегов водоёмов (перемещения линии среза и бровки абразионного уступа более 1 м/год);

над источником водоснабжения с утверждёнными запасами подземных вод, используемых или намеченных к использованию для питьевого водоснабжения, если не обоснована невозможность их загрязнения радиоактивными веществами;

в прибрежной полосе водных объектов общего пользования, если расстояние от береговой линии этих объектов до АЭС составляет менее 1 км;

в пределах зон с сейсмичностью максимального расчётного землетрясения более 8 баллов (по шкале MSK-64);

непосредственно на активных тектонических разломах, а также в зонах потенциально опасных для АЭС обвалов, оползней и селевых потоков;

на территории заповедников, парков, культурных и исторических достопримечательностей, а также на территориях, где это запрещено законодательством.

При консервативном подходе аналогичные требования могут быть применимы и к площадке размещения ИЯР.

Все характеристики площадки, имеющие влияние на безопасность ИЯР, должны быть идентифицированы, оценены и исследованы на этапе определения характеристик площадки. Инженерные работы должны обеспечивать комплексное изучение природных условий района, площадки, участка, местных строительных материалов и источников водообеспечения, а также получение необходимых и достаточных материалов для разработки технически обоснованных решений при проектировании объекта и данных для составления прогноза изменений природной среды вследствие строительства и эксплуатации ИЯР.

Геодезические работы при проведении инженерных исследований должны соответствовать требованиям СНиП 3.01.03-84.

Работы по геологическим и гидрогеологическим изысканиям должны отвечать требованиям СНиП 1.02.07-87 (раздел 3, пп. 2.300-2.306).

Работы по сейсмологическому изысканию должны соответствовать требованиям следующих нормативных документов: ПНАЭ Г-5-006-87 [Дополнение 2 (рекомендованное), п. 2.2.3] и СНиП 1.02.07-87 [пп. 3.219-3.222, дополнение 9 (рекомендованное)].

Гидрометеорологические работы. Общие требования к определению гидрометеорологических характеристик площадки заключаются в наиболее тщательном изучении соответствующих параметров, что позволит объективно оценить влияние ИЯР на окружающую среду. Если постулированные аварийные выбросы могут привести к неприемлемым радиологическим последствиям, для которых невозможно найти адекватные технические решения, то такую площадку необходимо считать непригодной. Работы по гидрометеорологическому изысканию должны отвечать требованиям СНиП 1.02.07-87 [раздел 4, дополнение 11 (рекомендованное)].

Оценку влияния вследствие природных явлений или деятельности человека следует выполнить для всего жизненного цикла ИЯР. В случае необходимости нужно внедрить меры, гарантирующие сохранение оцененных рисков на минимальном уровне. Существуют три группы мер, направленных на минимизацию рисков: проектные особенности, меры по защите площадки (например, защитные сооружения от паводков) и административные меры.

С точки зрения безопасности ИЯР нужно определить последствия внешних событий, которые надлежущим образом должны быть учтены в проекте установки. Для каждого внешнего события (или комбинации таких событий) должны быть определены параметры и их значения для характеристики опасности таким образом, чтобы их легко можно было учесть в проекте установки. Кроме того, при оценке пригодности площадки для размещения ИЯР необходимо учесть и все дополнительные меры, такие как хранение и транспортирование свежего и отработавшего ядерного топлива, радиоактивных отходов и др.

Отдельно следует учесть нерадиологические влияния, в частности химические, термические и др., а также потенциальное взаимодействие между ядерными и неядерными факторами влияния на окружающую среду (например, комбинация тепла или химических веществ с радиоактивными материалами в жидких сбросах). В проекте ИЯР должны быть предусмотрены меры для компенсации любых потенциальных негативных эффектов в районе его размещения.

Площадку разделяют на две функциональные зоны:

зону, размещаемую, как правило, по периферии площадки и объединяющую постройки, где не проводятся работы с радиоактивными веществами;

зону, включающую часть площадки, где располагаются здания реактора, радиохимические комплексы, лаборатории для работы с радиоактивными веществами, сооружения для сбора, хранения, переработки радиоактивных отходов, дезактивации транспорта, мастерские для ремонта радиоактивно загрязненного оборудования.

Площадка должна иметь не менее двух продублированных подходов и двух подъездов для персонала и транспортных средств. Необходимо предусмотреть средства для дезактивации транспорта и дорог на случай загрязнения площадки в результате радиационной аварии. По результатам исследования площадки и данным проекта ИЯР должны быть предусмотрены санитарно-защитная зона (СЗЗ) и зона наблюдения (ЗН), размеры которых устанавливаются в соответствии с действующими нормативными документами. Для реакторов II-III категорий, в зависимости от характеристик их безопасности, размеры СЗЗ могут быть ограничены границами территории площадки. На территории площадки и СЗЗ необходимо предусмотреть наблюдательные скважины, размещение и глубина которых устанавливаются в зависимости от наличия потенциальных источников загрязнения, гидрологических условий площадки и сезонного изменения режима грунтовых вод.

Проектом ИЯР должны быть предусмотрены технические средства и защитные меры, обеспечивающие ограничение радиационного влияния при аварии территорией санитарно-защитной зоны. При выполнении таких условий ИЯР будет иметь категорию потенциальной радиационной опасности не выше II.

Оборудование, которое входит в комплекс ИЯР, следует размещать в отдельной постройке, разделенной на зоны контролируемого и свободного доступа. В зону контролируемого доступа включается отдельное здание (или часть его), где размещены реактор, оборудование контура охлаждения, петлевые и экспериментальные установки, защитные «горячие» камеры, мастерские по ремонту загрязненного радиоактивными веществами оборудования, радиохимические лаборатории и другие помещения для работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующего излучения.

Система радиационной безопасности персонала и населения при аварии на ИЯР должна обеспечивать сведение к минимуму негативных последствий аварии. Это, прежде всего, — предотвращение возникновения детерминированных эффектов и минимизация вероятности стохастических эффектов, что достигается путем восстановления контроля над источником излучения, снижения доз облучения, количества облучаемых лиц, а также радиоактивного загрязнения окружающей среды

Последовательность выбора площадки

Процесс оценки площадки размещения ИЯР продолжается в течение всех этапов жизненного цикла ядерной установки: от собственно выбора площадки, проектирования и строительства до эксплуатации и вывода из эксплуатации.

Процесс выбора площадки выполняется в виде четырех последовательных этапов.

1. *Этап выбора площадки.* В результате региональных исследований отклоняются неприемлемые площади, проводится отбор и сравнение оставшихся площадок, в результате чего выбирается несколько наиболее предпочтительных площадок.

2. *Этап определения характеристик.* Этот этап подразделяется на:

верификацию, когда пригодность площадки для размещения на ней объекта проверяется в основном с предписанными критериями исключения площадки из рассмотрения;

подтверждение, когда определяются характеристики площадки, необходимые для анализа и детального рабочего проекта.

3. *Предэксплуатационный этап.* Исследования, начатые на предыдущих этапах, продолжаются после начала строительства и до начала эксплуатации для завершения и уточнения оценки характеристики площадки. Полученные данные о площадке позволяют провести окончательную оценку имитационных моделей, используемых в окончательном проекте.

4. *Этап эксплуатации.* В течение всего срока эксплуатации проводится соответствующая оценка безопасности площадки, в основном выполняемая посредством постоянного контроля (мониторинга) и периодического рассмотрения безопасности.

Выбор площадки и ее оформление для размещения нового реактора осуществляется в установленном законодательством порядке на этапе обоснования инвестиций, при согласии местных органов исполнительной власти и органов местного самоуправления. Детальные требования к характеристикам площадки устанавливаются с учетом специфики конкретного объекта и обуславливаются необходимостью обеспечения ограничения выхода радионуклидов в окружающую среду на уровне требований, устанавливаемых нормами, правилами и стандартами ядерной и радиационной безопасности.

Если площадка выбирается вблизи государственной границы, для оценки степени влияния на окружающую среду должно быть установлено соответствующее сотрудничество с соседними странами. Оценка воздействия планируемой деятельности на окружающую среду территории сопредельных государств (ОВОС) выполняется с учетом требований Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте, ратифицированной Украиной 19 марта 1999 г.

Кроме того, в соответствии со статьей 1 Закона Украины «О порядке принятия решений о размещении, проектировании, строительстве ядерных установок и объектов, предназначенных для обращения с радиоактивными отходами, имеющих общегосударственное значение» исследовательские ядерные реакторы принадлежат к объектам общегосударственного значения, что означает распространение требований этого Закона на процедуры принятия решений о выборе площадки для размещения ИЯР.

Возможное влияние ИЯР на окружающую среду

В комплексе сложных вопросов по защите окружающей среды большую общественную значимость имеют проблемы безопасности при строительстве и эксплуатации радиационно-опасных объектов, к которым относятся ИЯР.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что соседство с нормально работающей АЭС (а также с исследовательским ядерным реактором) экономически выгодно для населения и относительно безопасно для окружающей среды. Результаты многолетнего радиационного контроля ИЯР ВВР-М (г. Киев) показывают, что за весь период наблюдений не было выявлено существенного увеличения содержания радионук-

лидов в контролируемых объектах по сравнению с аналогичными уровнями, характерными для г. Киева [18 — 20].

На случай возникновения аварий проектом ИЯР предусмотрены специальные системы безопасности, обеспечивающие прекращение цепной реакции деления в активной зоне и охлаждение ядерного топлива для предотвращения его расплавления.

Кроме того, оборудование, содержащее радиоактивные вещества, располагается в герметических боксах, а весь первый контур защищен герметической защитной оболочкой, которая предотвращает поступление радиоактивных веществ в окружающую среду.

В соответствии с Законом Украины «Об использовании ядерной энергии и радиационной безопасности» создаваемый ИЯР проектируется таким образом, что радиационное воздействие на население, персонал и окружающую среду в условиях нормальной эксплуатации, нарушения нормальной эксплуатации и «проектных» аварий не приведет к превышению установленных нормативными документами доз облучения с максимально достижимым ограничением этого воздействия при «запроектных» авариях. Радиационное воздействие на население, персонал и окружающую среду поддерживается ниже установленных пределов на разумно достижимом низком уровне.

В соответствии с требованиями нормативных документов [19 — 22] оценка радиационной безопасности предполагаемых к сооружению новых ЯУ для окружающей среды и населения должна включать в себя:

характеристики радиоактивного воздействия на население и окружающую среду;

выполнение мероприятий по радиационной безопасности и соблюдение норм, правил и гигиенических нормативов в области радиационной безопасности;

вероятность радиационных аварий и их масштаб;

степень готовности к эффективной ликвидации радиационных аварий и их последствий.

Предусматриваемые при проектировании технические решения, которые обеспечивают ядерную и радиационную безопасность объекта, должны гарантировать уровень безопасности населения, персонала и окружающей природной среды, соответствующий требованиям действующего законодательства, нормативной документации и международным рекомендациям МКРЗ и МАГАТЭ в этой области [13, 14].

Безопасность ИЯР обеспечивается реализацией принципа глубокоэшелонированной защиты, который основывается на использовании систем и барьеров на путях возможного выхода радиоактивных веществ и ионизирующего излучения в окружающую среду, а также системы технических и организационных мер для защиты барьеров и сохранения их эффективности.

Первым барьером является топливная матрица, которая предотвращает распространение продуктов деления, вторым барьером — оболочка тепловыделяющих элементов, третьим барьером — герметические стенки оборудования и трубопроводов первого контура, в котором циркулирует теплоноситель.

При нарушении целостности первых трех барьеров безопасности продукты деления будут задержаны четвертым барьером — системой локализации аварии, которая включает в себя защитную гермооболочку, предназначенную для предотвращения выхода радиоактивных веществ в окружающую среду при проектных и «запроектных» авариях.

Для независимого контроля радиационной обстановки в зоне наблюдения необходима система радиационного контроля окружающей среды (РКОС) и автоматизированная система контроля радиационной обстановки на местности (АСКРО) с доступностью информации для общественности.

К оценке нерадиационных видов воздействия ЯУ на окружающую среду и условия жизни населения на территории ее размещения относятся:

отчуждение земли;

влияние строительства на ландшафт, животный и растительный мир;

отбор воды из подземных и поверхностных источников на производственные и бытовые нужды;

нерадиоактивные производственные и бытовые стоки;

нерадиоактивные твердые производственные и бытовые отходы;

выбросы тепла и влаги в атмосферу и тепловая нагрузка на водные ресурсы.

В проектных решениях необходимо учитывать восстановительные (для нормализации состояния отдельных компонентов окружающей среды) и компенсационные (для компенсации неустраиваемых потерь путем равноценного улучшения состояния природной и/или социальной среды) меры.

Типы возможных аварий, связанных с ИЯР

В проектной документации и отчете по анализу безопасности (ОАБ) должен быть определен перечень аварий, возникающих вследствие неисправности оборудования, неправильных действий персонала, стихийных бедствий или иных причин, которые могут привести к потере контроля над источниками излучения, облучению людей и (или) радиоактивному загрязнению окружающей среды. Перечень возможных аварий для конкретных условий эксплуатации реактора и проектные решения по защите персонала и населения при их возникновении согласовываются с органами государственного регулирования ядерной и радиационной безопасности и МЧС на стадии проектирования ИЯР.

Ниже, в порядке убывания вероятности возникновения, приводится список возможных типов аварий, связанных с исследовательскими ядерными реакторами:

неожиданный слабый выброс радиоактивного вещества с малой или нулевой степенью внешнего облучения персонала (иногда случается во время капитального ремонта или при перевозке использованной смолы либо топлива; утечки в системе теплоносителя и протекание труб, по которым поступает теплоноситель, часто становятся причиной распространения радиоактивного загрязнения);

неожиданное внешнее радиоактивное облучение персонала (случается во время капитального ремонта или штатного обслуживания);

сочетание выброса загрязняющего материала и внешнего радиоактивного (слабой степени) облучения персонала (эти аварии происходят при тех же условиях, что и в первых двух случаях);

поверхностное загрязнение в результате крупной утечки в системе теплоносителя реактора или утечки использованного теплоносителя;

попадание радиоактивных веществ (продуктов деления и активации) на кожу, под кожу, в уши и глаза людей из числа персонала;

сильное радиоактивное облучение персонала (может произойти по неосторожности и при грубом нарушении норм и правил ЯРБ);

попадание небольших, но превышающих допустимые нормы количеств радиоактивных отходов за территорию ядерной станции (может быть связано с ошибками персонала);

расплавление реактора (в этом случае возможны обширное загрязнение зоны вне ядерной станции и высокие дозы облучения персонала);

выход реактора из-под контроля (разгон реактора, отклонение его мощности от номинального режима).

Две последние из перечисленных аварий относятся к «запроектным» авариям.

При авариях реакторов с системой водяного охлаждения выделяются следующие радионуклиды:

радиоактивные продукты коррозии и эрозии (известные как CRUD) в теплоносителе, например кобальт-60 или кобальт-58, железо-59, марганец-58 и тантал-183;

продукты распада низкой активности, обычно присутствующие в теплоносителе, например йод-131 и Cs-137;

третий, вырабатываемый в активной зоне реактора в объеме 1×10^{-4} атомов трития за одно расщепление (только часть его покидает топливо).

Аварии на ЯУ с выходом радиоактивных веществ в окружающую среду принято классифицировать по границе распространения и количеству вышедших при аварии радиоактивных веществ. Для классификации аварий используется Международная шкала МАГАТЭ.

На стадии проектирования АЭС рассматривается набор проектных аварий и мероприятий по локализации и ликвидации их последствий, в том числе и максимальная проектная авария. Радиационные последствия гипотетической аварии используются для подготовки защитных мероприятий в зоне наблюдения ЯУ.

Основную опасность для населения и предприятий, размещённых вблизи ЯУ, представляют аварии с оплавлением активной зоны, вероятность таких аварий оценивается фактором риска 10^{-4} — 10^{-5} (реальные данные для энергоблоков АЭС Украины), т. е. одна авария на одном ядерном реакторе в течение 10 — 100 тысяч лет при неблагоприятном стечении обстоятельств. С возрастанием количества ядерных реакторов в стране вероятность аварии растёт. Как показывает практический опыт, аварии на ЯУ могут быть двух типов: без разрушения ядерного реактора и с разрушением ядерного реактора.

Большинство описанных аварий для ИЯР невозможны, но на стадии проектирования, как и для АЭС, необходимо проанализировать набор проектных аварий и меры по локализации и ликвидации их последствий.

Дозы облучения персонала ЯУ и населения не должны превышать регламентированный НРБУ-97 основной годовой предел (20 мЗв для персонала ЯУ и 1 мЗв для населения).

При «запроектных» авариях проектом обеспечивается ограничение последствий аварии с тяжелым повреждением активной зоны в целях защиты персонала ЯУ и населения. Вероятностные критерии безопасности проекта нового ИЯР должны удовлетворять требованиям НП 306.1.02/1.034-2000 (ОПБ АС-2000):

вероятность тяжелого повреждения активной зоны должна быть менее 10^{-5} на реактор в год;

вероятность предельного аварийного выброса не должна превышать 10^{-6} на реактор в год.

Отходы производства и их утилизация

Основные отходы при эксплуатации ИЯР — это жидкие, твердые и газообразные нерадиоактивные и радиоактивные отходы. С целью обеспечения безопасности при хранении и транспортировке необходима переработка жидких и твердых радиоактивных отходов с применением современных технологий. Используемые технологии должны гарантировать получение конечного продукта, отвечающего требованиям действующих нормативно-технических документов для временного хранения и окончательного захоронения радиоактивных отходов.

Жидкие радиоактивные среды должны подвергаться очистке и переработке — упариванию с образованием повторно используемого дистиллята и радиоактивных солевых концентратов. Жидкие радиоактивные отходы (ионообменные смолы, солевые концентраты и шлам) отверждаются с использованием цемента и добавок. Безопасная транспортировка, временное хранение на площадке и окончательное захоронение отвержденных радиоактивных отходов будут обеспечиваться использованием соответствующих контейнеров.

Твердые радиоактивные отходы необходимо подвергать кондиционированию (измельчению и уплотнению) и хранить на территории в стальных герметичных емкостях до отправки их в постоянное хранилище, которое обеспечит их долговременное хранение в виде кондиционированных ТРО.

Для снижения концентрации радиоактивных газов в вентиляционных выбросах из помещений контролируемой зоны необходимо предусмотреть систему специальной газоочистки с эффективностью очистки на фильтрах более 99 %. После очистки на фильтрах до безопасного уровня, установленного требованиями действующих НТД, радиоактивные газы и аэрозоли выбрасываются через высотную вентиляционную трубу в атмосферу.

Нерадиоактивные отходы производства на полигонах промышленных и бытовых отходов размещаются по согласованию с местными органами власти и надзора.

ОЯТ после технологической выдержки подлежат транспортировке с площадки реактора в специализированное хранилище для длительного хранения на период до принятия решения о последующей промышленной переработке на специализированных предприятиях.

Полностью должны быть исключены сбросы за пределы площадки реактора жидких радиоактивных сред. Поступление радиоактивных веществ в окружающую среду с нерадиоактивными сбросными водами при работе реактора в номинальном режиме ограничено квотами.

Выводы

1. Существующая и разрабатываемая нормативная база обеспечения процедур выбора площадок для размещения АЭС и хранилищ РАО при консервативном подходе может быть в общем виде применима и для оценки пригодности потенциальных площадок для размещения ИЯР.

2. С учетом типа, уровня мощности, длительности жизненного цикла и целей использования ИЯР критерии оценки и уровни требований к характеристикам площадки могут быть дополнительно рассмотрены и конкретизированы.

3. Оценка пригодности площадки должна производиться в течение всех этапов жизненного цикла ИЯР с целью достижения оптимального сочетания проектных решений и характеристик выбранной площадки.

4. Ведущая роль в вопросе выбора площадки для ИЯР принадлежит социально-экономическим факторам, среди которых немаловажное значение имеют интеллектуальный потенциал и кадровая политика, развитие транспортной и коммуникативной инфраструктуры, система социальных льгот и гарантий для населения, проживающего в зоне потенциального влияния ИЯД, государственная стратегия научно-технического обеспечения развития ядерно-промышленной отрасли.

Литература

1. Бать Г. А., Коченов А. С., Кабанов Л. А. Исследовательские ядерные реакторы. — Энергоатомиздат, 1985.
2. Nuclear Research Reactors in the World, IAEA, 2006, www.iaea.org/worldatom/rrdb.
3. Вишневецкий И. Н. и др. Основные положения концепции нового многоцелевого исследовательского ядерного реактора // Ядерная и радиационная безопасность. — 2006. — № 4. — С. 5 — 10.
4. External Man-Induced Events in Relation to Nuclear Power Plant Design, Safety Series No. 50-SG-D5, IAEA, 1996.
5. Safety of Nuclear Power Plants: Design, NS-R-1, IAEA, 2000.
6. Evaluation of seismic hazards for nuclear power plants, NS-G-3.3, IAEA, 2002.
7. Dispersion of radioactive material in air and water and consideration of population distribution in site evaluation for nuclear power plants, NS-G-3.2, IAEA, 2002.
8. External human induced events in site evaluation for nuclear power plants, NS-G-3.1, IAEA, 2002.
9. Flood Hazards for Nuclear Power Plants on Coastal and River Sites. NS-G-3.5, IAEA, 2003.
10. Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants, NS-G-1.6, IAEA, 2003.
11. Meteorological Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants Safety Guide NS-G-3.4, IAEA, 2003.

12. Protection against Internal Hazards other than Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, NS-G-1.11, IAEA, 2004.

13. Design of Reactor Containment Systems for Nuclear Power Plants, NS-G-1.10, IAEA, 2004.

14. Safety of research reactors: safety requirements, NS_R-4, IAEA, 2005.

15. Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants, NS-G-3.6, IAEA, 2005.

16. Site Evaluation for Nuclear Installations, NS-R-3, IAEA, 2003.

17. Siting of research reactors, TECDOC-403, IAEA, 1987.

18. Сваричевська О. В., Кузьміна А. Й., Бекірова Г. О. та ін. Радіаційний моніторинг об'єктів навколишнього природного середовища в зоні впливу дослідницького реактора ВВР-М і тритієвих лабораторій НЦ «ІЯД» НАН України (1995 — 2000 рр.) // 36. наук. праць Ін-ту ядерних досліджень. — 2002. — № 1(7). — С. 107 — 112.

19. Сваричевська О. В., Шовкун М. О., Кузьміна А. Й. та ін. Результати досліджень вмісту техногенних радіонуклідів в зразках ґрунту із спостережних свердловин дослідницького реактора ВВР-М НЦ «ІЯД» НАН України / Матеріали наук. конференції ІЯД НАН України // 36. доповідей. — 1999. — С. 270 — 272.

20. Коваль Г. М., Дрозд І. П., Сваричевська О. В. Радіоекологічна ситуація на забруднених територіях у доварійний період / Чорнобильська катастрофа.—К.: Наук. думка, 1996. — С. 203 — 218.

21. Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений (ОСП-72/87).

22. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СПАС — 88/93).

23. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (Державні санітарні правила 6.177-2005-09-02, зареєстровані в Мін'юсті 20 травня 2005 р. № 552/10832).

24. ДСП 6.074.120-01. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ), затверджені Головним державним лікарем від 28. 12. 2000 р. № 120.

25. ДБН А.2.2-1-2003. Состав и содержание материалов оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) при проектировании и строительстве предприятий, зданий и сооружений. — К., 2004.