

УДК 621.039-78:005

*В. Н. Васильченко, Я. А. Жигалов, Г. А. Сандул, О. Н. Шевцова**ГП «Государственный научно-инженерный центр систем контроля и аварийного реагирования» (ГП «ГНИЦ СКАР»)
Минэнергоуля Украины, г. Киев*

ЗАЩИТНЫЕ БАРЬЕРЫ В ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ: ОБЩИЕ ВОПРОСЫ, КЛАССИФИКАЦИЯ

На макроуровне рассмотрены основные физические защитные барьеры (барьеры безопасности), типичные как для специализированных предприятий по захоронению радиоактивных отходов, так и для АЭС; обсуждаются вопросы их классификации, а также вопросы научного развития принципа мультибарьерной защиты (анализ проблем) в системе обеспечения общей безопасности в ядерной энергетике.

Ключевые слова: защитный барьер, физический защитный барьер, радиационно-опасный объект, система безопасности.

В рамках системы общей безопасности [1] радиационно-опасных объектов (РОО), например АЭС, хранилищ радиоактивных отходов (РАО) различного свойства, а также других объектов ядерной энергетики, безопасность обеспечивается определенной системой мероприятий [2], среди которых значительное место занимает деятельность по созданию (проектирование, строительство или изготовление, поддержка функционирования и т. д.) защитных барьеров (ЗБ)¹, предназначенных для предотвращения негативного влияния со стороны данных объектов на окружающую среду (ОС), включая человека.

При этом постулируем, что в качестве негативного влияния на ОС со стороны РОО следует рассматривать лишь радиационную составляющую² этого влияния как основной дозообразующий фактор, действующий в виде ионизирующего излучения радиоактивных материалов (РМ), которые даже в штатном режиме эксплуатации РОО попадают в ОС (сбросы, выбросы и др.).

Поскольку РОО в принципе нельзя рассматривать вне окружающей его среды [3], то ЗБ несут в себе еще и функцию защиты РОО от негативного влияния ОС, точнее, от определенных явлений и процессов, происходящих в ОС. Это могут быть какие-либо природные катаклизмы — наводнения или подтопления, землетрясения, — а также явления антропогенного характера — деятельность человека, влияющая на определенное качество ОС, которая, в свою очередь, негативно влияет на РОО.

Таким образом, ЗБ несут в себе функцию как защиты ОС от негативного влияния РОО, так и защиты данного объекта от негативных явлений и процессов в ОС на территории их взаимного влияния.

Для каждой системы «РОО—ОС» с учетом ее особенностей разрабатывается своя (оригинальная) система ЗБ, хотя ее отдельные элементы, например контейнеры для РАО, корпуса реакторных установок, могут иметь стандартизированные решения.

ЗБ создаются на этапе концептуального проекта и совершенствуются, если это технически возможно, на протяжении всего жизненного цикла РОО.

Идеологической основой создания ЗБ является предложенный МАГАТЭ принцип мультибарьерной защиты при изоляции высокоактивных РАО (ВАО), в том числе и отходов ядерного топлива (ОЯТ) [4]. Этот принцип оказался достаточно универсальным и в общетеоретическом смысле концептуально был распространен в том или ином виде для обеспечения безопасности практически всех объектов, где ведутся работы с РМ.

В настоящей работе рассмотрены на макроуровне некоторые общие вопросы, касающиеся ЗБ, их классификации для хранилищ РАО как отдельных специализированных производственных комплексов, так и хранилищ РАО АЭС³, а также проведен анализ существующих проблем в данной области.

Для однозначного понимания (формализации) данного текста кратко рассмотрим некоторые аспекты понятийно-категориального аппарата. Прежде всего, приведем используемые в научной литературе и нормативных документах базовые термины и их определения. При этом необходимо отметить, что специализированный понятийно-категориальный аппарат в области ЗБ развит чрезвычайно слабо, например, в терминологии отсутствует “баланс необходимого и достаточного”.

• Защитный барьер безопасности — совокупность элементов строительных и других конструкций, которые, ограждая пространство вокруг источника

¹ В литературе ЗБ иногда называют барьерами безопасности.

² В принципе, РОО может оказывать не только радиационное влияние на природную ОС и человека, но, например, и химическое влияние, приводить к изменению природных комплексов (отчуждение земель и изменение их профильного использования), изменять социально-экономическое, психоэмоциональное и другие условия проживания человека.

³ Кроме хранилищ отработанного ядерного топлива (ХОЯТ), ЗБ которых предполагается рассмотреть в отдельной работе.

ионизирующего излучения, образуют предусмотренную проектом границу и препятствуют распространению радиоактивных веществ (и их ионизирующих излучений — прим. авторов) в производственные помещения и окружающую среду в количествах, превышающих установленные пределы [5].

Комментарии. Из этого определения следует, что каждый ЗБ должен иметь свой “сертификат” (паспорт), который бы определял меру его защитной функции (установленные пределы), а также его квоту среди других ЗБ РОО. Именно это качество ЗБ подлежит соответствующему мониторингу / контролю.

- Инженерный ЗБ — изделие или сооружение в совокупности со всеми элементами, способствующими выполнению им своих (определенных) функций, которое предназначено для удержания или предотвращения распространения ионизирующих излучений и / или радиоактивных веществ в окружающую среду при их перевозке и хранении, временном или постоянном.

Комментарии. Определение данного термина дано авторами как синтез нескольких определений в связи с тем, что в различных документах этот термин однозначного определения не имеет и даже, в ряде случаев, трактуется по-разному.

- Безопасность или опасность (системы) — философская категория: научное понятие, выражающее одно из наиболее общих свойств системы или явления, данное нам в частных приложениях, где оно и обретает свой конкретный смысл¹.

Комментарии. Главным в данном определении является тот факт, что безопасность или опасность — это одно из свойств (один из элементов качества) системы (объекта, процесса, продукции) или явления.

- Система — определенная (выделенная) совокупность закономерно взаимосвязанных элементов, объединенных в единую структуру (форму организации).

- Процесс — абстракция, описывающая выполняющуюся программу деятельности: совокупность последовательных действий (операций) для достижения какого-либо определенного результата.

Комментарии. Процесс имеет (должен иметь) определенное целевое назначение.

- Результат процесса — продукция (ее свойства).

- Качество (системы) — философская категория: совокупность свойств системы (в математическом смысле — полное множество), характеризующая ее существенную определенность, в силу которой систе-

ма является таковой, а не иной, и данная в частных приложениях, когда вся совокупность свойств или только ее часть удовлетворяют установленным требованиям и критериям [6, 7].

- Критерий — мера оценки системы или явления; количественное выражение установленных требований к качеству (свойствам) системы.

Более подробный анализ терминов и их определений, касающихся ЗБ, а также производных от них, дан в [2].

В принципе, ЗБ — довольно широкое понятие, включающее в себя как нефизические ЗБ, так и физические.

К нефизическим ЗБ следует отнести, например, такие:

- разработку научных основ и принципов создания ЗБ;

- разработку комплекса нормативно-правовых документов, относящихся к созданию (соответствующие требования) и функционированию (эксплуатация, модернизация и пр.) ЗБ, а также надзор за их выполнением;

- постоянное повышение уровня квалификации персонала, особенно в области культуры безопасности как ЗБ на пути некомпетентности;

- постоянное совершенствование и модернизацию технологий, процессов, организационных структур при выполнении каких-либо проектов, имеющих отношение к ЗБ;

- постоянное проведение анализа безопасности как РОО в целом, так и отдельных его элементов, включая, естественно, и ЗБ;

- проведение ряда организационных мероприятий, например совершенствование структурной организации ЗБ (общая структура ЗБ, элементы резервирования и др.).

Однако, в данной работе мы акцентируем внимание на физических ЗБ, которые в общем случае могут быть трех типов:

- природные ЗБ (природная среда), обеспечивающие защиту гидрогеологическими особенностями площадки РОО и соответствующими физико-химическими свойствами пород и грунтов;

- инженерные ЗБ;

- различные комбинации инженерных и природных ЗБ.

Такая классификация ЗБ довольно условна, поскольку, например, природные (геологические) хранилища в чистом виде практически не встречаются. Как правило, в них используются и инженерные ЗБ, например контейнеры, железные бочки в качестве упаковок, а также различные железобетонные и / или металлические конструкции. Весь вопрос в том, каково качество (каковы свойства) данных инженерных ЗБ, какую роль они играют (основную или вспомогательную), какую квоту от общей защитной функции несут.

¹ Понятия “безопасность” и “опасность” являются более сложными, однако в данном случае мы акцентируем внимание на таком наиболее общем определении.

Типичными примерами использования физических природных ЗБ могут служить хранилища всех видов РАО¹, включая ВАО, расположенные в глубоких геологических формациях. “Время жизни” геологической среды таких хранилищ на порядок превышает проектные сроки “жизни” инженерных ЗБ, поэтому в некоторых странах, например в Германии, стремятся все виды РАО захоранивать в геологических хранилищах, называя их техногенно-геологическими системами. Для этого используют выработанные соляные шахты (Morsleben, Asse, Gorleben) или железорудные шахты (Konrad).

В отличие от хранилищ — “техногенно-геологических систем”, хранилища РАО (среднеживущие РАО с периодом радиоактивного полураспада до 100 лет) поверхностного или приповерхностного типа, где основным ЗБ является инженерный ЗБ, а геологическая среда играет лишь вспомогательную роль, называют геолого-техногенными системами. Таким хранилищем является, например, хранилище “Вектор”, расположенное в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС и зоне безусловного (обязательного) отселения.

Кроме захоронения в отработанных шахтах, техногенно-геологические системы создаются в аргиллитовых породах (глины), например хранилища в США, Бельгии, Италии, Англии, а также в гранитах, например хранилища в Канаде (Lac du Bonnet), Швеции (SFR), Швейцарии (Grimsel), Финляндии (Olkiluoto), США (Yucca Mountain).

Преимущества хранилищ, обладающих такого рода барьерами, очевидны: “только массив горных пород может сохранять свои изолирующие способности в течение длительного времени, измеряемого геологическими периодами” [8]. Однако найти соответствующие территории (площадки) для таких хранилищ чрезвычайно сложно. Например, в США площадку для создания национального хранилища РАО в глубоких геологических формациях ищут (этому предшествует огромный комплекс исследований) уже более 30 лет.

Качество любой геологической среды как защитного барьера в общем случае определяется, во-первых, сорбционными свойствами ее грунтов и, во-вторых, скоростью миграции радионуклидов с подземными водами к местам их «разгрузки» в долинах рек, если данная геологическая среда соприкасается с подземными водами.

В этой связи к геологической среде, выступающей в роли ЗБ, предъявляются определенные требования:

- размещение всех предусмотренных проектом элементов хранилища в геологической толще пород;

- сохранность целостности подземных сооружений и изоляция их от проникновения к ним сколь угодно значительного количества подземных вод в течение всего срока эксплуатации хранилища;

- передача выделяемого РАО или ВАО тепла в окружающий массив пород и др.

Принимая во внимание приведенные определения инженерных ЗБ, предложим их классификацию применительно к общему случаю:

- матрицы — специальные твердые среды, в которые заключены, например, отвержденные в результате технологической переработки жидкие РАО или ядерное топливо;

- плакировочные покрытия — материалы, специально применяемые для иммобилизации высокоактивных отходов, например материалы типа синрок (synroc), созданные на основе циркониевой керамики [9];

- упаковки — емкости, например металлические бочки, канистры;

- специальные покрытия упаковок (антикоррозийные) — бетон, композиционные материалы и т. д.;

- контейнеры — специальные емкости для временного или постоянного хранения РАО;

- материалы засыпки — материалы, которыми засыпают пространство между упаковками внутри контейнера; эти материалы, во-первых, служат ЗБ при разрушении упаковок (поглощают радионуклиды), а во-вторых, при попадании воды в контейнер такие материалы набухают и закрывают, например, трещину, через которую в контейнер попала вода;

- буферные материалы — материалы, которыми заполняют пространство между контейнерами, установленными в хранилище (поглощают радионуклиды при разрушении контейнеров); в хранилищах геологического типа буферными закладочными материалами заполняют пространство в выработках, предотвращая их деформацию и разрушение;

- хранилища РАО и их отдельные элементы:

- а) бетонные облицовки;

- б) материалы обваловывания хранилищ приповерхностного типа (глина, щебень, песок, земля, биоинтрузивные² компоненты и др.);

- в) дренажные системы для обеспечения фильтрации и отвода воды (размещают выше уровня грунтовых вод) и ее контроля;

- г) система гидроизоляции;

- д) затворы и засыпки (забивки) для герметизации отсеков;

- е) системы вентиляции с использованием очистных фильтров и контроля воздуха;

- ж) системы физической защиты;

¹ За исключением жидких РАО (ЖРО), которые в соответствии с ядерным законодательством подлежат захоронению только после переработки их в твердое состояние (ТРО).

² Инженерный барьер для предупреждения проникновения корневых систем растений и землеройных животных к захороненным отходам и предупреждения распространения радионуклидов по этим путям.

• внутренняя территория площадки РОО:

а) канализационные сети и сооружения, предназначенные для производственных контролируемых радиационно-загрязненных стоков (спецстоков);

б) колодцы-накопители для аварийного сброса спецстоков;

в) системы и сооружения водоотвода (бытовая и дождевая канализации);

г) очистные сооружения;

д) специальные системы физической защиты;

• внешние территории площадки РОО — санитарно-защитная зона (СЗЗ):

а) сети канализации и водоотвода, очистные сооружения;

б) специальные системы физической защиты и др.

ЗБ являются также зона наблюдения и зона контролируемая, у которых структурная организация ЗБ зависит от конкретного РОО.

Некоторые физические ЗБ для удобства анализа их функционирования (эксплуатации, проведения ремонтных работ, финансового обеспечения и т. д.) и оценки их защитных функций было бы целесообразно объединять в определенные группы. Одной из таких групп могут служить ЗБ санитарно-гигиенического характера [10], например:

• средства индивидуальной защиты — комплект СИЗ (сезонный): комбинезон или костюм, шапочка, спецбелье, носки, обувь, перчатки, бумажное полотенце и носовые платки разового использования, а также СИЗ органов дыхания;

• средства защиты общего пользования:

а) спецканализация с очистными сооружениями (накопительная емкость с очистными сооружениями для дезактивации сточных вод);

б) фильтры на системах вентиляции (уровень загрязнения фильтра не должен превышать допустимого уровня общего радиоактивного загрязнения рабочих поверхностей помещений постоянного пребывания персонала);

в) стационарные саншлюзы (санитарные поддоны для очистки подошв спецобуви), которые размещаются на границе первой и второй зон рабочих помещений;

г) переносные саншлюзы, которые устанавливаются в разных местах по необходимости, например в местах, где проводятся ремонтные работы на радиационно-загрязненных участках, при переходе из второй зоны рабочих помещений в третью (помещения постоянного пребывания персонала в течение всей смены);

• санпропускники (душевые, гардеробные, помещения для сбора загрязненной спецодежды) и др.

При работе с ЖРО (растворы неорганических соединений, пульпы фильтроматериалов, шламы, солевые плавы, органические жидкости: масла, растворители и др.) в качестве защитных барьеров служат герметичные емкости и трубопроводы. Во время работы с ЖРО необходимо обеспечить три канонических ЗБ [10]:

• изоляционный барьер — герметичность емкостей и оборудования;

• стенки боксов или камер;

• конструкции помещений и системы вентиляции.

Данные физические барьеры находят свое применение как на специализированных комплексах производств по переработке и захоронению РАО, так и на АЭС, где такие комплексы, но в меньших масштабах, также существуют.

Примерами комбинированных ЗБ могут также служить:

• инженерные сооружения и / или отдельные системы — специальные насосные станции (могут быть оборудованы специальными фильтрами) в сочетании с природными или специально созданными природно-ландшафтными формами: намывными дамбами, обводными каналами, лесными массивами и т. д.;

• техногенно-геологические и геолого-техногенные системы;

• непосредственно сами территории около РОО: санитарно-защитная зона, зона наблюдения и контролируемая зона [10, 11].

На территории АЭС, в самом общем случае, находятся следующие основные объекты — источники ионизирующего излучения (ИИИ):

• ядерная установка (реактор или реакторная установка);

• хранилище отработанного ядерного топлива (ХОЯТ);

• хранилище ВАО;

• хранилище ЖРО;

• хранилище низко- и среднеактивных РАО;

• комплекс объектов дезактивации (хранилище или емкости собственных РАО — временное накопление) и др.

Каждый из перечисленных объектов имеет свою частную систему ЗБ, выполняющую строго определенные (установленные) функции в соответствии со своими квотами. При этом все вместе они должны быть организованы в единую систему ЗБ АЭС.

Ядерная установка, являясь наиболее опасным объектом с точки зрения радиационной опасности, обладает определенной системой ЗБ, которая в общем случае на макроуровне представлена следующими ее элементами (ЗБ):

• топливная матрица (таблетка);

• оболочки тепловыделяющих элементов (оболочка твэла);

• границы контура теплоносителя (корпус реактора);

• герметичное ограждение локализирующих систем безопасности (защитная оболочка корпуса реактора).

Что же касается указанных выше хранилищ АЭС, то их ЗБ представлены в основном различными сочетаниями рассмотренных ранее физических ЗБ.

Принцип мультибарьерной защиты РОО нашел свое отражение и в системе зонирования рабочих помещений в зависимости от класса выполняемых работ [10]. Другими словами, при обсуждении ЗБ

необходимо учитывать характер выполнения работ и специфику помещений их проведения.

В соответствии с [10], существуют три класса выполняемых работ в зависимости от активности РМ на рабочем месте (кБк) и группы радиационной безопасности (для группы А МЗА¹ = 1 кБк, Б — 10 кБк, В — 10² кБк, Г — 10³ кБк):

класс I: $\geq 10^5$ (А), $\geq 10^6$ (Б), $\geq 10^7$ (В), $\geq 10^8$ (Г);
 класс II: $10^2 \div 10^5$ (А), $10^3 \div 10^6$ (Б), $10^4 \div 10^7$ (В), $10^5 \div 10^8$ (Г);
 класс III: $1 \div 10^2$ (А), $10 \div 10^3$ (Б), $10^2 \div 10^4$ (В), $10^3 \div 10^5$ (Г).

Работы класса I должны выполняться или в отдельном здании, или в надежно изолированной части здания с отдельным входом-выходом через санпропускник. При выполнении работ класса I рабочие помещения, как правило, подразделяются на три зоны:

1-я зона — необслуживаемое помещение, где расположены техническое оборудование и коммуникации, которые могут быть источниками радиационного излучения и радиоактивного загрязнения. Защитным барьером, отделяющим помещения 1-й зоны от 2- и 3-й зон, является дверь специальной конструкции и саншлюз. ЗБ в виде специальной двери исполняет роль и физической защиты;

2-я зона — помещение периодического обслуживания персоналом, например, в случае проведения каких-либо ремонтных работ на оборудовании, имеющем радиационное загрязнение;

3-я зона — помещения постоянного пребывания персонала на протяжении всей рабочей смены.

В качестве ЗБ между помещениями 2- и 3-й зон служит саншлюз.

При эксплуатации помещений, где осуществляются работы класса I, высокая степень эффективности “удержания активности” обеспечивается системой статических (оборудование, стены, перекрытия и т. д.) и динамических (вентиляция, газоочистка) ЗБ.

Работы класса II должны выполняться в помещениях, расположенных в отдельной части здания, изолированной от других помещений. При этом рабочие помещения могут иметь как одну, так и две рабочие зоны. В случае двухзональной планировки, 1-я зона — помещение периодического обслуживания оборудования, в котором нет рабочих мест постоянного пребывания персонала; 2-я зона — помещение постоянного обслуживания и пребывания персонала на протяжении всей рабочей смены. В качестве ЗБ между 1- и 2-й зонами расположены саншлюз и санпропускник (душевая).

Работы класса III проводятся в отдельных помещениях, которые, как правило, имеют однозональную планировку, а в качестве санитарно-гигиенических ЗБ предусмотрены душевая и притяжно-вытяжная вентиляция. Кроме того, в данном помещении преду-

смотрено отдельное помещение для хранения реактивов, содержащих РМ, и выполнения технологических операций с ними. С точки зрения ЗБ, общие требования к помещениям, в которых выполняются работы класса III, аналогичны требованиям к химическим лабораториям.

Таким образом, при выполнении работ класса I, II и III защитные функции реализованы как за счет физических ЗБ, каковыми являются непосредственно сами помещения, включая санитарно-гигиенические ЗБ, так и за счет нефизических ЗБ — организационных мероприятий по зонированию рабочих помещений.

Существует еще один аспект, на который следует обратить внимание: ЗБ бывают пассивными и активными. Под активными ЗБ следует понимать такие ЗБ, которые при определенных условиях, увеличивая свои защитные функции, способны автоматически восстанавливать защитные функции других ЗБ в случае их утраты в результате каких-либо событий или, предотвращая негативные события, регулировать процессы, направляя их в “русло безопасности”.

Примерами активных ЗБ могут служить автоматические системы пожаротушения и пылеподавления, система механических или электрических клапанов, регулирующих в автоматическом режиме давление в трубопроводах, а также различные задвижки. Это особый тип ЗБ, который не обязательно напрямую связан с защитой от РМ.

Кроме этого, к активным ЗБ можно отнести, например, материал засыпки контейнера, о чем упоминалось ранее, а также саморазрастающиеся лесные насаждения и травяные покрытия (посев многолетних трав), сорбирующие и удерживающие в своей корневой системе радионуклиды. Естественно, эти процессы должны быть управляемыми.

В заключение рассмотрим некоторые общие проблемы, касающиеся ЗБ на РОО.

1. Отсутствует единый научный формализованный подход “теория — практика”, касающийся создания и функционирования ЗБ различного типа и назначения: аксиомы, постулаты, концепции, принципы, положения и др.

2. Применительно к ЗБ недостаточно развит понятийно-категориальный аппарат, в частности формализм в области терминов и определений: отсутствует соответствующий глоссарий, утвержденный, желательно, на уровне государственного стандарта.

Например, в настоящее время существует проблема с определением термина “физический ЗБ”. Суть проблемы в том, что понятие ЗБ в самом общем случае можно дифференцировать на собственно ЗБ и некоторую вспомогательную систему, которая сама по себе ЗБ не является, но в совокупности с ним значительно увеличивает его эффективность. Иллюстрацией сказанного может служить система водоотвода, включая все ее сооружения (дренажные системы, канализация, насосные подстанции и др.), которая

¹ МЗА — минимально значащая активность (кБк).

сама по себе ЗБ не является, однако зачительно усиливает защитные свойства как геологической среды площадки РОО, так и других инженерных ЗБ. Совершенно очевидно, что финансово-экономический аспект создания ЗБ существенно зависит от того, как мы его определим (какие элементы в него войдут).

3. Отсутствует стандартизированная методика оценки качества (защитные свойства, шкала) физических ЗБ в зависимости от форм их организации.

В принципе, ЗБ могут быть организованы по-разному, например, в системе ЗБ отдельные ее элементы (тоже ЗБ) могут увеличивать свои защитные функции от источника опасности к периферии и наоборот. Кроме того, возможны комбинации различных форм организации ЗБ, степень их резервирования и пр.

4. Не нашла своего должного уровня развития концепция, согласно которой, несмотря на существующие инженерные ЗБ, приоритет принадлежит защитным свойствам площадки РОО. Эта концепция была сформулирована еще в 1988 году [12], однако и в наши дни остается актуальной и оправданной, хотя и носит ограниченный характер. В явном виде эта концепция, по-видимому, применима лишь для техногенно-геологических систем, но отдельные ее частные приложения вполне заслуживают внимания.

Реализация данной концепции имеет общетеоретическое и практическое значение, поскольку она выдвигает на первый план довольно сложную задачу выбора площадки [13] со всеми вытекающими последствиями: проведением огромного комплекса правовых, экономических, социологических, гидрогеофизических, метеорологических, технических и других исследований.

5. Отсутствуют общетеоретические и практические (имеющие частные приложения) исследования о взаи-

модействии физических ЗБ (различные металлические и железобетонные конструкции) с геологической средой при эксплуатации как техногенно-геологических систем, так и геолого-техногенных.

Эти исследования в рамках установленных формализованных алгоритмов действий позволят получить данные о надежности ЗБ, в частности об их долговечности, и разработать методику оценки качества ЗБ, а также методику прогнозирования их функционирования.

6. Отсутствует общетеоретический подход, концептуально описывающий взаимное влияние элементов системы “РОО — ОС” с учетом ЗБ. Математическое представление (описание) взаимного влияния в данной системе является довольно сложной задачей, для решения которой необходимо провести комплекс специальных исследований, относящихся как непосредственно к РОО, так и к ОС.

При этом возникает ряд частных вопросов, например, как определить конкретно (география размещения: граница на карте и на местности) территорию взаимного влияния в системе “РОО — ОС” и степень этого влияния, т. е. степень рисков.

Кроме того, при создании ЗБ в каждом конкретном случае необходимо четко определить систему “объект — источник опасности” — “объект, требующий защиты от опасности” и меру этой опасности.

Анализ нормативно-правовых документов и научно-технической литературы говорит о том, что такая ответственная наукоемкая деятельность, как создание ЗБ и поддержка их функционирования, к сожалению, пока не сформировалась в отдельную специализацию — единую научно-техническую область со своей системой теоретических знаний и методологией решения практических задач.

Список использованной литературы

1. Сандул Г. А. Организация системы безопасности при эксплуатации хранилищ для захоронения радиоактивных отходов. Общие вопросы. // Ядерна та радіаційна безпека. — 2008. — Вып. 3. — С. 35—44.
2. Ангелова Р. Принцип мультибарьерной защиты в системе обеспечения безопасности хранилищ РАО / Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Ядерная и радиационная безопасность. — 2003. — Вып. 3. — С. 49—60.
3. Сандул Г. А. Мониторинг системы “хранилище радиоактивных отходов — окружающая среда”. III: Организация системы мониторинга: Ч. 1: Мониторинг территории (площадки) хранилищ РАО / Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько. // Ядерная и радиационная безопасность. — 2007. — Вып. 4. — С. 19—31.
4. Принципы обращения с радиоактивными отходами: Серия по безопасности № 111-F. — Вена: МАГАТЭ, 1996 — 28 с.
5. ДСП 6.074.120-01. Державні санітарні правила і норми, гігієнічні нормативи. 6: Радіаційна гігієна. Основні санітарні правила протирадіаційного захисту України (ОСПУ). — К., 2001.
6. Брославский Л. И. Правовые основы стандартизации и качества / Л. И. Брославский. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 112 с.
7. Сандул Г. А. Целевые функции как основа формализма для описания процессов обращения с РАО при эксплуатации хранилищ РАО / Г. А. Сандул // Ядерна та радіаційна безпека. — 2012. — Вып. 1. — С. 49—53.
8. Шишиц И. Ю. Основы инженерной георадиологии / И. Ю. Шишиц. — М.: Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 1998. — 717 с.
9. Radioactive waste management: an IAEA source book — Vienna: IAEA, 1992. — 276 p.
10. ДСП 6.177-2005-09-02. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005). — К., 2005.

11. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). — К., 2003. — 135 с.
12. Правила проектирования и эксплуатации региональных могильников радиоактивных отходов ПРМ РАО-87 / М-во атомной энергетики СССР, М-во здравоохранения СССР, Гос. комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. — М., 1988. — 31 с.
13. *Ангелова Р.* Основные требования и критерии к выбору площадки для строительства хранилищ радиоактивных отходов / Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько // Ядерная и радиационная безопасность. — 2002. — Вып. 3. — С. 69—79.

Отримано 25.02.2013