

УДК 621.039.74(045)

Г. А. Сандул

Государственное специализированное предприятие  
«Центр переработки и захоронения техногенных отходов  
«Техноцентр»»

# Организация системы безопасности при эксплуатации хранилищ для захоронения радиоактивных отходов. Общие вопросы

*Рассмотрены вопросы стратегии и способы конструирования системы безопасности и управления ею на основе построения функции качества при эксплуатации хранилищ для захоронения радиоактивных отходов. Приведены алгоритмы создания системы безопасности хранилищ РАО.*

Г. О. Сандул

**Організація системи безпеки при експлуатації сховищ для захоронення радіоактивних відходів. Загальні питання**

*Розглянуто питання стратегії та способи конструювання системи безпеки і керування нею на основі побудови функції якості при експлуатації сховищ для захоронення радіоактивних відходів. Наведено алгоритми створення системи безпеки сховищ РАВ.*

**Х**ранилище радиоактивных отходов (РАО) — радиационно-опасный объект: его инженерно-техническое сооружение и инфраструктура, ресурсы и организационная структура предназначены для безопасного организованного хранения (временного или постоянного) РАО [1].

В самом общем виде для какой-либо системы «опасность — это сопряженная с эксплуатацией промышленного предприятия постоянно действующая или случайно возникающая в результате некоторого инициируемого события либо при некотором стечении обстоятельств совокупность факторов, оказывающих (способных оказывать) негативное воздействие на реципиентов» [2, 3]. Хранилище РАО как раз и является одной из таких систем. При этом непосредственно к нашей теме применимы следующие определения термина «безопасность»:

«безопасность — защита всех лиц от необоснованной радиологической опасности» [2, 4];

«безопасность промышленного предприятия — свойство предприятия при нормальной эксплуатации и в случае аварии ограничивать воздействие источников опасности на персонал, население и окружающую среду установленными пределами» [2, 3];

«безопасность ядерная — достижение надлежащих эксплуатационных условий, предотвращение аварий или смягчение последствий аварий, благодаря которым достигается защита персонала, населения и окружающей среды от избыточного радиационного воздействия» [2, 5];

«радіаційна безпека — стан радіаційно-ядерних об'єктів та оточуючого середовища, який забезпечує неперевищення границь доз, виключення будь-якого необґрунтованого опромінення і зменшення доз опромінення персоналу та населення нижче встановлених границь доз настільки, наскільки це може бути досягнуто і економічно обґрунтовано» [6].

Хранилище РАО как радиационно-опасный объект, являясь существенно неконсервативной системой, обладает определенной спецификой: во-первых, оно потенциально может испытывать негативное влияние со стороны окружающей его среды (ОС) (землетрясения, наводнения, подтопления, промерзание грунтов в зимний период года, лесные пожары, несанкционированное проникновение и т. д.), а во-вторых, находясь во взаимосвязанной с ОС системе, само способно негативно влиять на ОС, являясь источником радиоактивного загрязнения. Поэтому хранилище РАО в принципе нельзя рассматривать вне окружающей его среды.

Кроме того, специфика любого радиационно-опасного объекта состоит еще и в том, что его безопасность определяется, не только экстремальными природными процессами/явлениями и несанкционированным (преднамеренным/непреднамеренным, т. е. случайным) вмешательством, и системой промышленной (ПБ) и радиационной безопасности (РБ), а также их довольно сложным сочетанием. При этом необходимо учитывать, что даже незначительные негативные природные процессы/явления или промышленные аварии/инциденты могут стать причиной (источником/катализатором) радиационных аварий/инцидентов, которые могут иметь последствия из разряда «критическое событие» [6].

Для предметного обсуждения вопросов обеспечения безопасности при эксплуатации хранилищ РАО, прежде всего, необходимо иметь изначально наиболее полную объективную, достоверную, необходимую и достаточную информацию (полное множество, в математическом смысле, количественных параметров и качественных характеристик)

как о хранилище РАО, так и о самих РАО, которые предполагается захоранивать в данном хранилище. В принципе, такая информация должна быть представлена в проектной документации на хранилище, даже на уровне концептуального проекта. Таким образом, обеспечение безопасности при эксплуатации хранилищ РАО изначально определяется качеством проектирования данного объекта, а затем, естественно, и воплощением данного проекта в строительные формы. Совершенно очевидно, что спроектированное, построенное и эксплуатируемое хранилище РАО с учетом реально существующих изменений проекта и т. д. в организационном и научно-техническом плане представляет собой довольно сложный, а главное, опасный объект со своими «скрытыми параметрами». Такой объект требует постоянного изучения и проведения корректирующих и предупреждающих мер. Следующий этап — организация (разработка соответствующих мероприятий) и создание системы безопасности при эксплуатации хранилищ РАО.

Следует отметить, что система безопасности при эксплуатации хранилищ РАО является целевой системой при обращении с РАО, и создание ее архитектуры необходимо начинать с конструирования целевой функции, которую, в рамках конкретного целевого представления, можно интерпретировать как функцию качества [2, 7]. Данная функция представляет собой сумму слагаемых, соответствующих группам показателей качества [8]. Каждое из этих слагаемых, в свою очередь, представляет собой сумму показателей качества, соответствующих данной группе показателей, умноженных на определенный коэффициент («весовой множитель»). В общем виде функция качества позволяет определить и классифицировать (на макроуровне) виды опасности в зависимости от вида продукции<sup>1</sup>, например, непосредственно РАО<sup>2</sup> (конкретные характеристики: жидкие / твердые, удельная активность, изотопный состав, долго- и / или короткоживущие), и этапов обращения с ними, а также классифицировать виды хранилищ РАО в зависимости от их характеристик, особенности эксплуатации и т. д. Только обладая достоверной, необходимой и достаточной информацией об опасности (о соответствующих рисках как количественной мере опасности) продукции и / или процессов можно построить эффективную систему их безопасности, например, при обращении с данной продукцией и / или при реализации тех или иных процессов.

Рассмотрим эти вопросы более подробно.

Во-первых, показатель качества, например, продукции — «количественная характеристика одного или нескольких свойств данной продукции, составляющих ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления» [9].

Во-вторых, в соответствии с [8], для продукции и процессов нормативно установлено десять групп показателей качества:

- 1) показатели назначения;
- 2) показатели надежности;
- 3) эргономические показатели;
- 4) эстетические показатели;
- 5) показатели технологичности;
- 6) показатели транспортабельности;
- 7) показатели унификации;
- 8) патентно-правовые показатели;

9) экологические показатели;

10) показатели безопасности.

Применительно к РАО / хранилищам РАО чаще всего акцент делают на группе показателей безопасности (опасности). Однако необходимо учитывать и другие группы показателей качества, например, группу экологических показателей (актуально как для РАО, так и для хранилищ РАО), группу показателей транспортабельности (актуально для РАО), группу показателей надежности (актуально для хранилищ РАО и их защитных барьеров, включая контейнеры для захоронения РАО) и т. д. [10].

В-третьих, каждая из групп показателей качества содержит свой нормативно установленный перечень показателей. Так, для промышленной продукции в группе «показатели безопасности» установлено восемь видов опасности [11]:

- 1) механическая опасность;
- 2) электрическая опасность;
- 3) термическая опасность;
- 4) пожароопасность;
- 5) взрывоопасность;
- 6) химическая опасность;
- 7) биологическая опасность;
- 8) опасность от излучений (в том числе радиоактивных веществ).

Если применить данную классификацию видов опасности к хранилищам РАО, то очевидно, что все перечисленные восемь видов опасности теоретически могут иметь место при их эксплуатации.

Если применить данную классификацию видов опасности к РАО, то заведомо можно исключить механические, электрические и термические (с оговоркой<sup>3</sup>) виды опасности. Остальные пять видов опасности в большей или меньшей степени присущи тем или иным видам РАО. Учитывая специфику объекта нашего рассмотрения, в представленный выше перечень видов опасности, в общем случае, следовало бы включить как отдельный вид опасности «ядерную опасность», обусловленную таким свойством некоторых РАО, как потенциальная возможность возникновения самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР). Подобные РАО (высокоактивные отходы — ВАО) могут, в принципе, образовываться, например, при запроектных авариях, как это имело место на ЧАЭС. В настоящее время такие РАО (ВАО) находятся в объекте «Укрытие»<sup>4</sup>.

Виды опасности и соответствующие им свойства РАО приведены в табл. 1.

Рассматриваемые функции качества для хранилищ РАО в самом общем случае, например, будут иметь следующий вид:

$$Q(\text{хранилище РАО}) = \sum_{i=1,2,3,4,5,7,8,9,10}^{n=9} X_i,$$

где  $X_i$  — группы показателей качества, характеризующие хранилище РАО;  $i$  — индекс, соответствующий номерам 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 (в приведенном выше перечне групп показателей качества отсутствует группа показателей качества, соответствующая группе показателей транспортабельности).

Функции качества для РАО в общем случае будут иметь несколько иной вид:

$$Q(\text{РАО}) = \sum_{i=1,5,6,8,9,10}^{n=6} X_i,$$

<sup>3</sup> В принципе, могут быть и тепловыделяющие РАО.

<sup>4</sup> Такие РАО (ВАО) в неконденсированном виде не должны поступать на захоронение в хранилища.

<sup>1</sup> Речь может идти не только о продукции, но и о процессах, которые в определенном представлении (но не всегда) также можно рассматривать как продукцию.

<sup>2</sup> РАО является продукцией, материальной ненамеренной [2].

Таблица 1. Свойства РАО, характеризующие их опасность

Виды опасности	Свойства продукции	
	сложные	простые
1. Пожароопасность	Склонность к возникновению пожара (кроме возникновения СЦР)	1.1. Склонность к самовозгоранию 1.2. Склонность к возгоранию от внешнего источника
2. Взрывоопасность	Склонность к возникновению взрыва (кроме возникновения СЦР)	2.1. Склонность ко взрыву от внутреннего источника 2.2. Склонность ко взрыву от внешнего источника
3. Химическая опасность	Химическая активность	3.1. Склонность органических материалов к распаду 3.2. Склонность специальных сред к распаду 3.3. Химически активные процессы: окисление и др.
4. Биологическая опасность	Биологическая активность	4.1. Склонность к биораспаду 4.2. Биоагрессивные процессы: размножение бактерий и др.
5. Опасность от излучений (кроме излучений СЦР)	Радиационная активность	5. Излучение радиоактивных веществ РАО
6. Опасность возникновения СЦР	Ядерный или тепловой взрыв	6.1. Взрывная волна 6.2. Пожар 6.3. Излучение радиоактивных веществ РАО

где  $X_j$  — группы показателей качества, характеризующие РАО;  $i$  — индекс, соответствующий номерам 1, 5, 6, 8, 9, 10 в приведенном выше перечне групп показателей качества.

Если, например, рассматривать только группу показателей качества, соответствующую показателям безопасности  $X_i$  при  $i=10$  (группа показателей безопасности № 10) для РАО, подлежащих захоронению, то она будет иметь следующий вид:

$$X_{10}(\text{РАО}) = \sum_{j=1}^{n=6} \alpha_j D_j,$$

где  $D_j$  — виды опасности;  $\alpha$  — весовой множитель, определяющий вклад данного вида опасности в общую опасность;  $j$  пробегает значения от 1 до 5.

Таким образом, функция качества, соответствующая процессу «эксплуатация хранилища РАО», представляет собой некоторую суперпозицию функций качества, характеризующих как само хранилище, так и захораниваемые в нем РАО.

Кроме того, следует отметить, что система безопасности (включая и систему управления ею) при эксплуатации хранилищ РАО, в общем случае в рамках определенного целевого представления, должна быть приведена (описана) в документации системы качества / системы управления качеством при выполнении данного вида деятельности, поскольку понятие «безопасность» является частным по отношению к понятию «качество». Эти понятия не тождественны, но близки и дополняют друг друга.

При обсуждении вопросов безопасности и / или опасности каких-либо объектов (системы: продукция / процессы) необходимо иметь в виду, что при наличии источника опасности понятия «безопасность» и «опасность» — это два полюса, не симметричные один по отношению к другому (безопасность никогда не может быть 100 %-й, хотя опасность может быть таковой), которые находятся на оси времени, и все трагедии, связанные с риском, разворачиваются на этой оси между данными двумя полюсами.

Общие закономерности, которые описывают обсуждаемые выше явления, можно представить в виде рис. 1, а, б, где отображен характер и масштаб события, описываемый универсальными уравнениями Колмогорова (марковский процесс).

Понятие «безопасность / опасность» при эксплуатации хранилищ РАО как некоторой системы имеет прямое отно-

шение к понятию «устойчивость» данной системы по отношению к определенным показателям, характеризующим ее состояние. В решении этого вопроса первостепенное значение имеет правильный (необходимый и достаточный) выбор номенклатуры соответствующих показателей как объекта постоянного контроля / мониторинга. Частично этот вопрос рассмотрен в [12]. В документе [13], посвященном требованиям к структуре и содержанию отчета по анализу безопасности приповерхностных хранилищ РАО, существует раздел 3.6.6 «Довгострокова стабільність» (без определения этого термина), где речь идет о количественном анализе данных, касающихся лишь некоторых природных процессов, потенциально влияющих на хранилище, и их оценке. Однако эти требования, даже в случае их выполнения, следует рассматривать лишь как необходимые, но явно недостаточные для того, чтобы судить об устойчивости хранилищ РАО. Кроме того, наряду со сформулированными требованиями не рассмотрены процессы-контрмеры и механизмы управления этими процессами (управления контрмерами). Этот важнейший для обеспечения безопасности вопрос не разработан даже теоретически.

Возникновение и протекание каждой аварии/аварийной ситуации имеет свою логику (предыстория, причины, следствия и т. д.; технический, организационный аспект), которую необходимо понимать для проведения предупреждающих мероприятий.

Цель настоящей работы — систематизировать на макроуровне некоторые данные и представить их в виде определенных алгоритмов действий, необходимых для создания целостной системы безопасности при эксплуатации хранилищ РАО. При этом внимание будет акцентировано лишь на вопросах организации безопасности реального пространства в рамках непосредственно территории (площадки) приповерхностных / поверхностных хранилищ для захоронения короткоживущих РАО (содержащих среднеживущие радионуклиды) [14].

## Стратегия

Система безопасности при эксплуатации хранилищ РАО, в общих чертах, базируется на тех же принципах, что и системы безопасности любых радиационно-опасных объектов, например АЭС, заводов по переработке ядерного топ-

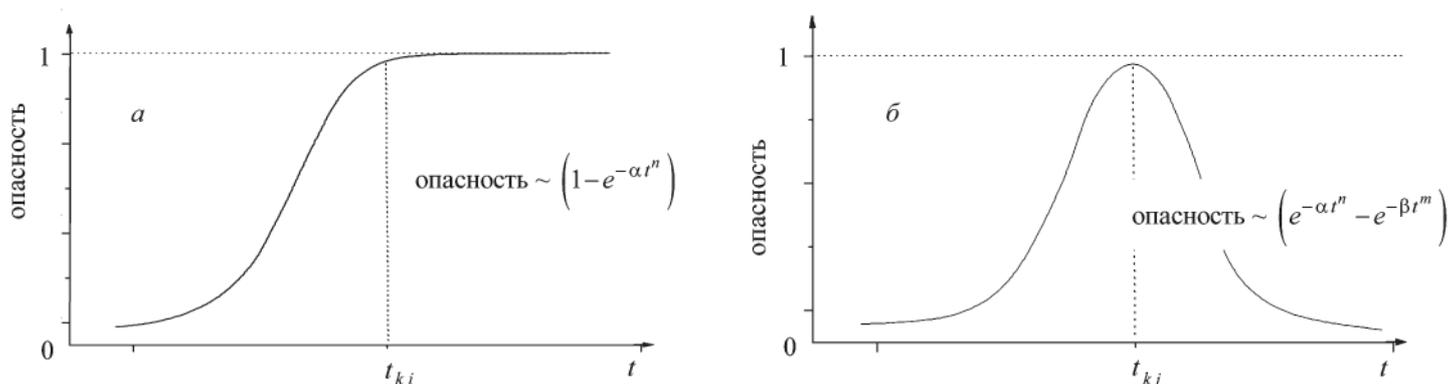


Рис. 1. Кинетические уравнения и соответствующие им графики, описывающие «опасность – безопасность» системы (хранилище РАО):

*a* — опасность системы только монотонно возрастает к максимуму; *b* — опасность системы определяется немонотонной зависимостью (учет распада радионуклидов РАО);  $\alpha, \beta$  — в общем случае скорости роста и снижения опасности соответственно (определяют реальную эволюцию системы и представляют собой аналоги операторов «рождения» и «уничтожения», широко используемые при решении задач в самых различных областях физики);  $n, m$  — показатели, описывающие (отображающие) особенности структурной организации системы;  $t$  — время (реальный масштаб)

лива и / или РАО. Этот факт позволяет использовать и накапливать некий положительный «коллективный опыт» для решения конкретных задач, естественно, с учетом особенностей как непосредственно радиоактивных материалов (РАО), например, захораниваемых РАО, так и особенностей конкретных объектов для обращения с ними, например, хранилищ для захоронения РАО.

Создаваемая система безопасности при эксплуатации хранилищ РАО предназначена для обеспечения безопасного обращения с РАО (захоронение РАО, контроль, оценка, прогноз) с целью защиты ОС, включая человека.

Общий принцип организации системы безопасности хранилищ РАО довольно прост: система безопасности хранилища РАО должна быть самодостаточна и организована таким образом, чтобы она смогла обеспечить безопасную эксплуатацию хранилища на протяжении всех его жизненных циклов и соблюдение радиационно-гигиенических регламентов (защита персонала, населения и природной ОС). Кроме того, система безопасности должна быть эффективной при работе в штатном и аварийном (в случае аварии / аварийной ситуации) режимах эксплуатации хранилища.

При этом эксплуатирующая организация должна обладать определенной документацией (системами документов в области управления качеством и документацией в области анализа безопасности при выполнении различных(ого) видов(а) деятельности и др.), которая служила бы основой для доказательства безопасной эксплуатации хранилища, позволяла делать оценки и прогнозы.

Отметим, что эксплуатирующая организация должна сама непосредственно принимать активное участие в создании таких документов, иметь в своей организационной структуре соответствующие подразделения (отдельные группы специалистов) [15], которые бы занимались разработкой и внедрением данных документов в рабочий процесс, а также контролировали выполнение установленных норм и правил. Утверждая данные документы, руководство эксплуатирующей организацией должно обеспечить условия их выполнения и постоянного функционирования.

Существует довольно распространенное мнение, что документы в области анализа безопасности и в области управления качеством при выполнении тех или иных видов

деятельности можно заказать «под ключ» в специализированных структурах. Практика и теория [16] говорят об ошибочности такого мнения. Действительно, организация, которая не в состоянии, в профессиональном аспекте, создать документацию / принять активное участие в ее создании для выполнения определенного вида деятельности и т. д., вряд ли может эффективно заниматься этой деятельностью. Кроме того, следует четко понимать, что документация, созданная эксплуатирующей организацией, в первую очередь, необходима самой эксплуатирующей организации для проведения работ, а уж затем регулирующему органу при выдаче им лицензии (если данный вид работ является разрешительным) как доказательство способности выполнить данный вид деятельности эксплуатирующей организацией на должном уровне.

В организациях, целевое назначение которых связано с обеспечением безопасности, тем более в области обращения с радиоактивными отходами, где обеспечение безопасности является приоритетом, отдельные структуры, занимающиеся вопросами анализа безопасности и качества, целесообразно объединить в одну структуру, подчинив ее непосредственно первому руководителю, поскольку, во-первых, именно эти вопросы, переплетаясь между собой, взаимно дополняют друг друга, и, во-вторых, часто требуют принятия решений на высшем уровне. Такое подразделение должно быть ведущим в создании документации по анализу безопасности и качеству. На основе анализа безопасности при выполнении определенного вида деятельности и создается такой документ, как «Отчет по анализу безопасности...».

Документация в области качества при выполнении данного вида деятельности (особенно описание соответствующих методик и т. д.) служит основой для создания документа «Руководство по управлению качеством...».

Основным требованием, предъявляемым к системе безопасности, является ее управляемость, т. е. она должна быть такой, чтобы ею можно было управлять. С точки зрения кибернетики как науки об общих законах управления такие системы называются организованными. Под организованной системой следует понимать систему, которая содержит в себе, как минимум, три подсистемы:

- 1) управляющую<sup>5</sup>;
- 2) исполнительную;
- 3) объединяющую управляющую и исполнительную подсистемы каналов связи (прямые, обратные).

В основе создания систем безопасности при эксплуатации хранилищ РАО лежат принципы безопасности МАГАТЭ (например, [17–19]), законы Украины (например, [20–23]), нормативно-правовые документы ГКЯР Украины (например, [24–32]) и ряд других документов [6, 14, 33–35], а также документы эксплуатирующей организации: методики, регламенты, инструкции, стандарты организации (СО), используемые при выполнении различных организационных и производственных, в частности технологических, процессов, и др.

### Средства

Вопросы обеспечения безопасности (создания системы безопасности) — это вопросы ресурсов и некоторой системы организационных мероприятий (организационной структуры), предназначенных для эффективного использования данных ресурсов. Естественно, такое разделение довольно условно, поскольку организационная структура / элемент организационной структуры, которая(ый) позволяет эффективно и оптимально реализовать соответствующие ресурсы, также, в известной степени, является ресурсом данной эксплуатирующей организации.

Для создания системы безопасности хранилищ РАО эксплуатирующая организация должна обладать соответствующими ресурсами: наличием финансов, персонала, подготовленного определенного образом, соответствующими технологиями, оборудованием и т. д. Этот аксиоматический принцип и определяет степень готовности эксплуатирующей организации выполнять свои функции, начиная со «старта» соответствующей деятельности. Тонкость состоит в том, что система безопасности радиационно-опасных объектов изначально должна быть необходимой и достаточной для их эксплуатации (должна удовлетворять определенным требованиям и критериям) и не должна быть «хуже» или «лучше» в зависимости от наличествующих ресурсов, т. е. она не должна определяться ресурсами, существующими на сегодняшний день, и не должна системой безопасности «второго сорта» из-за недостатка ресурсов. Если ресурсы и соответствующая организация их эффективного использования, необходимые для проведения данного вида деятельности, отсутствуют, такой вид деятельности не может быть осуществлен на должном уровне и лицензия на его проведение не выдается. Оценка возможности выполнения данного вида деятельности эксплуатирующей организацией устанавливается на этапе предлицензионной проверки. Разумеется, нельзя создать систему «абсолютной» безопасности (ее просто не существует!), однако следуя принципу «маємо те, що маємо», система безопасности, во-первых, не будет таковой, а во-вторых, никогда не будет создана.

Таким образом, в число необходимых и достаточных условий создания системы безопасности хранилищ РАО входит также и степень эффективности использования ресурсов: построение эффективной и оптимальной организационной структуры эксплуатирующей организации, создание системы управления безопасностью, ее локальной (ча-

стной) организационной структуры обеспечения безопасности и управления ею при выполнении данного вида деятельности, организации процессов / подпроцессов и связей между ними и многое другое.

При существующем дуализме «ресурсы — организационные мероприятия, направленные на их эффективное использование» взаимозаменяемость этих двух элементов (факторов) возможна лишь в ограниченной области деятельности и в течение непродолжительного времени при решении каких-либо оперативно-тактических задач, когда недостаток ресурса можно компенсировать более эффективной организацией работ, и наоборот: недостаточно хорошую организацию деятельности можно компенсировать некоторым увеличением ресурса. Для этого, прежде всего, необходимо четко знать, где, когда и как именно следует провести корректирующие действия (например, изменить что-то в организационной структуре), направленные на более эффективное использование ресурсов. В принципе, в рамках определенной модели (конкретные условия) для заданных ограниченных интервалов времени эту область «взаимозаменяемости» можно даже рассчитать, изучая, например, функциональные зависимости  $R(0) - R(t) / R(0) = f(t)$  для различных определенных интервалов времени  $\Delta t$  и различных моделей организационных структур [ $R(0)$  — начальный заданный ресурс,  $R(t)$  — изменение ресурса во времени на данном ограниченном интервале времени  $t$  при заданной организационной структуре]. Изучая семейства соответствующих кривых можно определить «нерациональный» / «критический» градиент использования ресурсов, т. е. условия использования ресурсов, требующие коррекции.

Однако в общем случае, акцентируя внимание на конечном результате, можно утверждать, что данные элементы не взаимозаменяемы: при плохой организации использования ресурсов никакие ресурсы не помогут создать эффективную систему безопасности, а при отсутствии ресурсов тем более.

Кроме того, система безопасности, как и любые другие системы, характеризуется параметрами «формы» и «масштаба»: системы могут быть «жесткими», подчиняющимися строгому формализму, и «лабильными», допускающими некоторую «автоподстройку». При этом вопрос о том, какая из систем лучше, является некорректным, поскольку все определяется целевым назначением данной системы (ее целевым представлением).

Рассмотрение локальных систем безопасности при эксплуатации хранилищ РАО, в частности систем ПБ и РБ, с учетом принципов оправданности, непревышения и оптимизации, а также с учетом дуализма «польза — ущерб» выходит за рамки данной работы.

### Основные алгоритмы действий

При создании системы безопасности хранилищ РАО необходимо выполнить ряд организационных и технических мероприятий, рассматривая их как средства достижения поставленной цели. Эти мероприятия на макроуровне можно представить в виде определенных алгоритмов действий (набора формальных действий, выполненных по определенным правилам), каждый из которых, в принципе, может быть детализирован до требуемого уровня (более низкого уровня организации). Основные из них следующие<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Подсистему следует рассматривать как систему более низкого уровня организации общего процесса управления.

<sup>6</sup> Имеется в виду, что площадка для сооружения хранилища РАО уже выбрана и она отвечает всем необходимым требованиям и критериям.

1. Создание локальной (частной) системы управления безопасностью хранилища РАО как многоуровневой управляющей подсистемы со своей локальной организационной структурой определенного целевого назначения (в рамках общей организационной структуры эксплуатирующей организации и ее системы управления).

2. Создание локальной (частной) системы обеспечения безопасности объекта как исполнительной подсистемы со своей локальной организационной структурой (в рамках общей организационной структуры эксплуатирующей организации).

3. Создание руководства/программы по управлению качеством при реализации системы обеспечения безопасности хранилища РАО/системы управления безопасностью хранилища РАО.

4. Определение (обоснованное, документально утвержденное) уровней состояния хранилища РАО.

5. Создание системы мониторинга/контроля объекта «хранилище РАО — окружающая среда» (создание соответствующей информационной оболочки).

6. Реализация (организационно-технические мероприятия) принципа мультибарьерной защиты в системе безопасности хранилищ для захоронения РАО и создание условий его эффективного функционирования (классификация и особенности барьеров безопасности, их количество, надежность, ремонтпригодность и т. д.).

7. Систематическая работа с персоналом по повышению его профессионального уровня.

8. Создание системы регулирования деятельности.

9. Разработка и внедрение новых оригинальных технологий, методик, оборудования и др. (модернизация существующих).

10. Обеспечение физической защиты объекта и ее совершенствование.

11. Научное сопровождение деятельности: проведение исследований в области безопасного обращения с РАО (постоянный анализ безопасности при эксплуатации хранилища, совершенствование систем управления качеством при выполнении определенных видов деятельности, исследования в области правовых и экономических аспектов качества и безопасности и др.).

Дадим краткие комментарии к этим пунктам.

1. Данная частная система управления безопасностью конструируется в соответствии с определенной иерархией и имеет, как минимум, два уровня управления.

Поскольку в общем случае система безопасности хранилищ РАО является целевой подсистемой при выполнении эксплуатирующей организацией своих функций, управление безопасностью (системой безопасности) является целевой подсистемой управления эксплуатирующей организацией и включает в себя ряд функций, отражающих «внешние» взаимодействия эксплуатирующей организации с вышестоящими и другими организациями (например, обеспечение ресурсами в сфере безопасности) и «внутренние» взаимодействия, которые, например, должны обеспечить управление локальной организационной структурой обеспечения безопасности и связь между управляющей и исполнительной подсистемами (два уровня управления).

2. Локальная (частная) организационная структура обеспечения безопасности хранилищ РАО (организационная структура, обеспечивающая безопасность как исполнительная подсистема) включает в себя специализированные подразделения, которые непосредственно занимаются различными аспектами безопасности (РБ, пожарная безопасность

и другие виды физзащиты), и представителей, ответственных за соответствующий вид безопасности в других подразделениях. Поскольку обеспечение безопасности хранилищ РАО на этапе их эксплуатации также можно рассматривать как отдельный процесс, которым необходимо управлять, данная локальная организационная структура также должна иметь свою систему управления (систему управления более низкого уровня организации с учетом вертикальных и горизонтальных составляющих управления данной локальной организационной структурой). При этом в рамках данной оргструктуры осуществляется разработка внутренних нормативных документов эксплуатирующей организации, касающихся различных вопросов безопасности.

При управлении безопасностью хранилища РАО, прежде всего, необходимо опираться на локальную организационную структуру обеспечения безопасности данного объекта и управления ею.

Как уже отмечалось, рассмотрение вышеупомянутых частных систем безопасности при эксплуатации хранилищ РАО выходит за рамки данной работы. Однако было бы чрезвычайно интересно рассмотреть такие частные системы на примере конкретных хранилищ РАО для сопоставительного анализа, выработки методологии оценки безопасности хранилищ РАО, обобщения опыта и др.

3. Представляется, что в рамках руководства по управлению качеством, например, на вид деятельности «эксплуатация хранилищ РАО» было бы целесообразно разработать отдельную программу по управлению качеством системы безопасности хранилища РАО<sup>7</sup>.

4. Для определения уровней состояния хранилища РАО (с учетом проектных решений) необходимо четко установить:

а) значение (интервал значений) уровня критического состояния объекта (определяется и устанавливается в результате вероятностного анализа и испытаний систем и элементов);

б) значение (интервал значений) уровня предельно допустимого состояния объекта (определяется и устанавливается в результате вероятностного анализа и испытаний систем и элементов);

в) пороговые значения воздействий ОС на хранилище РАО и хранилища РАО на ОС, в результате чего наблюдается их взаимное влияние;

г) значения эксплуатационных показателей (интервал значений) безопасности (номенклатура показателей, их обоснование) — параметров и характеристик состояния сооружений, систем (элементов) и хранилища в целом;

д) уровни вмешательства при отклонении значений параметров, характеризующих состояние хранилища, от установленных и т. д.

5. Поскольку мониторинг является механизмом получения объективной, достоверной, необходимой и достаточной информации, на базе которой обеспечиваются безопасность хранилища РАО, ее оценка и прогнозирование, конструированию системы мониторинга и разработке соответствующих регламентов должно быть уделено большое внимание уже на стадии проектирования объекта. Общие принципы создания системы мониторинга объекта «хранилище РАО — окружающая среда» подробно описаны в [36–38].

6. Система защитных барьеров (их количество, конструктивные особенности, обоснования, эффективность, надежность и т. д.) как реализация одного из аспектов безопас-

<sup>7</sup> Речь идет о конкретной системе безопасности конкретного хранилища.

ности хранилищ РАО должна быть отражена в проектной документации данных объектов. Однако, учитывая длительный период эксплуатации хранилищ РАО (не менее 300 лет) и естественное «старение» их элементов и систем (в том числе и систем, важных для безопасности), эксплуатирующая организация должна, опираясь на результаты мониторинга, поддерживать их надежность на уровне соответствующих требований и критериев. Общие принципы мультибарьерной защиты (классификация барьеров) в системе обеспечения безопасности хранилищ РАО рассмотрены в [10].

7. Организация работы с персоналом, эксплуатирующим хранилища РАО, также требует определенной последовательности действий. Например, при подборе кадров, прежде всего, необходима четкая ориентация на реестр соответствующих функций, выполняемых организацией, т. е. на общую организационную структуру эксплуатирующей организации (организационная структура конструируется на основе функционально-целевой матрицы, т. е. в соответствии с теми целями, которые ставит перед собой эксплуатирующая организация, и функциями как средством достижения этих целей). Кроме того, в понятие «работа с персоналом» входят и вопросы создания соответствующих условий для выполнения персоналом своих функций.

Общий алгоритм действий при работе с персоналом можно представить в следующем виде:

- а) формулировка кадровой политики, создание кадрового (руководящего) резерва;
- б) подготовка и переподготовка персонала, разработка учебных программ, методических пособий и др.;
- в) проведение санитарно-гигиенической классификации работ с учетом степени физической нагрузки (три категории: легкие физические работы, физические работы средней тяжести, тяжелые физические работы);
- г) санитарно-гигиеническое зонирование территории / отдельных помещений / рабочих мест (четкое определение зоны строгого режима, обслуживаемых / необслуживаемых помещений — помещений с расположенным оборудованием, вход в которые разрешен только по специальным допускам для осмотра оборудования или его ремонта);
- д) организация временных и постоянных рабочих мест, их аттестация;
- е) определение (установка) контрольных уровней (КУ) излучений, действующих на персонал;
- ж) разработка и организация мероприятий по снижению радиационного воздействия на персонал.

Поскольку человеческий(е) фактор(ы) имеет(ют) огромное значение в обеспечении безопасности в ядерной энергетике вообще [39, 40] и при обращении с РАО в частности, вопросу работы с персоналом при эксплуатации хранилищ для захоронения РАО необходимо уделять особое внимание. В решении этих вопросов чрезвычайно велика роль руководства организацией, особенно первого руководителя.

8. Система(ы) регулирования различными видами деятельности — некая(кие) синтетическая(ие) локальная(ые) система(ы), которая(ые) создается(ются) в соответствии с выполнением конкретной деятельности на основе общей организационной структуры эксплуатирующей организации и распределения полномочий и ответственности руководства (управление соответствующим видом деятельности). В зависимости от количества видов деятельности, которые выполняет эксплуатирующая организация, и их характера это может быть одна система или несколько систем, которые, в принципе, могут пересекаться и взаимодополнять друг друга.

Система регулирования, в общем случае, включает в себя:

- а) разработку руководящих, нормативных, методических и других документов эксплуатирующей организации («внутренние» документы организации);
- б) осуществление надзора за выполнением требований нормативно-правовых документов, в поле которых эксплуатирующая организация осуществляет свою деятельность;
- в) выдачу разрешений на выполнение определенных работ в соответствии с требованием нормативно-правовых документов.

9. Разработка оригинальных технологий, методик, особенно нового оборудования для эксплуатирующей организации не является обязательной, поскольку требует существенного увеличения ресурсов (финансы, соответствующий высококвалифицированный персонал, конструкторские бюро, лаборатории, цеха, оборудование, испытательные стенды и др.). При этом изготовленное оборудование должно быть сертифицировано, а методики аттестованы. Через подобные процедуры должны пройти и существующее оборудование/методики, которые были модернизированы/усовершенствованы. По-видимому, участие эксплуатирующей организации в качестве Заказчика на выполнение соответствующих работ Исполнителем было бы более целесообразным, однако решение этого вопроса зависит от многих конкретных факторов и, естественно, не может быть предметом обсуждения в данной работе. Внедрение же новых технологий, методик и т. д., а также оборудования — дело сугубо эксплуатирующей организации.

10. Обеспечение физической защиты хранилища РАО и ее совершенствование является делом государственным и подлежит государственному регулированию. Эксплуатирующая организация должна обеспечить условия эффективного функционирования системы физической защиты объекта.

11. Несмотря на существование регулирующих органов (международных и государственных) и накопленный опыт в области безопасного обращения с РАО и в Украине, и за рубежом, науки как системы знаний о безопасном обращении с РАО пока не создано. Поэтому научное сопровождение данного вида деятельности и актуально, и оправданно.

Разумеется, приведенный перечень действий, являясь довольно условным и неполным, отражает лишь макроуровневый подход. Но сложность его реализации состоит в том, что претворять в жизнь все эти действия необходимо одновременно и системно в соответствии с представлением о целостной функциональной системе — системе безопасности хранилища РАО.

Все объекты/явления — продукт интеграции, а системный подход — это средство изучения интеграции, точнее интегрированных объектов/действий, интегральных зависимостей и взаимодействий с целью их оптимизации. Закономерности интеграции чрезвычайно важны для понимания механизма функционирования, взаимодействия и дальнейшего развития целостной системы, в частности обсуждаемой системы безопасности, тем более, что вышеприведенные действия, направленные на создание системы безопасности объекта, обладают внешними интегративными связями (система является существенно неконсервативной).

При этом вопросы, отражающие феномен целостности и определение состава целого, закономерности соединения частей в целое (соблюдение соответствующих «входов»

и «выходов» различных процессов), закон структуры целого, свойства интеграции, связи и взаимодействия элементов целого и т. д., требуют серьезной теоретической проработки на основе математического моделирования и оптимизации моделей.

Очевидно, что организация локальной системы обеспечения безопасности при выполнении любых видов деятельности в значительной мере определяется видами производимых работ. В связи с этим для организации эффективной системы обеспечения безопасности хранилищ РАО, прежде всего, необходимо иметь четкий и подробный перечень видов работ, выполняемых персоналом, например, при текущей эксплуатации хранилища.

К наиболее общим видам работ (организационных и технических) относятся:

эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт зданий, сооружений, систем жизнеобеспечения, коммуникаций, защитных барьеров и т. д. в соответствии с регламентом;

эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт систем и оборудования и т. д. в соответствии с регламентом; мониторинг/контроль (общепромышленный, радиационный) состояния хранилищ РАО и захороненных в них РАО в соответствии с регламентом;

обращение с РАО: а) прием РАО у поставщиков; б) перевозка РАО по внешним путям; в) перевозка РАО по внутренним путям хранилища для захоронения РАО; г) прием РАО на захоронение (дозиметрический контроль РАО и транспортных средств, взвешивание, сверка документов, регистрация и т. п.); д) процесс захоронения (погрузочно-разгрузочные работы, дозиметрический контроль транспортных средств, документирование и т. д.);

работа с персоналом (обсуждалось выше); физзащита и пр.

При обращении с РАО необходимо также обратить особое внимание на выполнение радиационно-опасных работ и порядок их проведения (в соответствии с регламентом):

перечень и классификацию работ;

перечень опасных и вредных факторов при проведении работ (дозообразующие факторы);

анализ и прогноз при выполнении работ (построение деревьев событий);

перечень работ с открытыми источниками излучения (РАО, радиоактивные аэрозоли и др.);

перечень работ, выполнение которых необходимо проводить «под дозиметрическим контролем» (в соответствии с распоряжением/разрешением на проведение работ);

принятие предупреждающих и корректирующих мер (планирование контрмер, организация аварийных бригад и др.);

определение уровней вмешательства при выполнении определенных работ;

планирование повышенного облучения персонала из состава аварийных бригад в случае аварийных ситуаций и/или ликвидации их последствий и т. д.;

защиту персонала (анализ текущего облучения персонала).

Все виды работ должны выполняться в соответствии с разработанной документацией административно-управленческого и технического характера.

Отдельно следует остановиться на вопросах о порядке установления контрольных уровней (КУ), занимающих особое место в системе безопасности при эксплуатации хранилищ РАО (при проведении любых радиационно-опасных работ).

В соответствии с [6] контрольные уровни — это радиационно-гигиенические регламенты первой группы, численные значения которых устанавливаются исходя из фактически достигнутого на данном радиационно-ядерном объекте или территории уровня радиационного благополучия. Величины КУ устанавливаются руководством эксплуатирующей организации и согласовываются с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора (МОЗ Украины) с целью ограничения облучения персонала. Обычно  $KY \leq X ДУ$  (значение  $X$  составляет определенный процент соответствующего допустимого уровня в штатных условиях эксплуатации хранилища РАО — ниже значений пределов доз облучения персонала; конкретные цифры требуют обоснования). При введении КУ необходимо создать и утвердить перечень групп нормируемых радиационных параметров.

Для обеспечения радиационной безопасности при эксплуатации хранилища РАО нужно установить определенную иерархию значений КУ, например:

КУ параметров радиационного состояния отдельных частей территории хранилища РАО (зона строгого режима: «чистая зона», «грязная зона» и их дифференциация), отдельных помещений и т. д.;

КУ для отдельных регламентных работ (суммарная коллективная доза облучения персонала);

КУ индивидуальных доз облучения персонала: КУ месячной/квартальной/годовой эффективной дозы внутреннего и внешнего облучения персонала;

КУ мощности экспозиционной дозы (МЭД) и радиоактивного загрязнения: а) КУ МЭД; б) КУ радиоактивного загрязнения кожных покровов и т. д. у персонала; в) КУ радиоактивного загрязнения спецодежды, средств индивидуальной защиты (СИЗ) и т. д.; г) КУ радиоактивного загрязнения поверхностей на рабочем месте в обслуживаемых помещениях, мощность потока  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ - частиц в рабочей зоне;

КУ радиоактивного загрязнения воздуха;

КУ радиоактивного загрязнения питьевой и технической воды;

КУ выбросов и сбросов.

### Технология управления безопасностью хранилищ РАО

О технологии управления безопасностью при эксплуатации хранилищ РАО также можно говорить как о соответствующих алгоритмах действия. Несмотря на то что «безопасность» имеет много взаимозависимых аспектов, существуют определенные элементы, на управление которыми необходимо обратить особое внимание, например:

управление ресурсами: а) финансами; б) имуществом (движимым и недвижимым); в) продукцией, в том числе и оказанием услуг; г) процессами (управленческими и производственными); д) персоналом; е) интеллектуальной собственностью и т. д.; ж) внешними связями; з) научно-технической деятельностью; и) закупками;

управление информацией<sup>8</sup>;

управление рисками при эксплуатации хранилищ (штатная/аварийная ситуации);

<sup>8</sup> В действительности информация — это тоже ресурс, который можно отнести к интеллектуальной собственности, но в данном случае понятие «информация» рассматривается отдельно в связи с его спецификой.

управление при аварийных ситуациях: а) аварийное планирование (управление аварийными планами); б) управление вмешательством; в) управление контрмерами; г) управление планированием повышенного облучения персонала и др.

Создавая документацию, описывающую систему безопасности хранилищ РАО, также в ней следует отразить ряд вопросов, например:

перспективы, характер и тенденции развития деятельности по обращению с РАО: а) новые виды деятельности; б) увеличение числа хранилищ РАО (расширение территории) и др.; экологический аспект (вероятные экологические конфликты и социально-психологическое напряжение и др.); оценка существующей нормативно-правовой базы и пути ее дальнейшего развития;

организация системы безопасности в аспекте закрытия хранилищ и снятия их с регулирующего контроля (оценки, перспективы, прогноз).

Заметим, что «безопасность» вообще, а тем более ядерная / радиационная, — категория, в том числе, и экономическая. В этой связи можно утверждать, что только при правильно сформулированных требованиях и критериях (численных выражениях требований) к безопасности можно ожидать серьезных капиталовложений в выполнение и развитие данного вида деятельности или в отрасль в целом. Отсутствие активной позиции эксплуатирующей организации в создании и презентации эффективной системы безопасности при эксплуатации хранилищ для захоронения РАО не способствует доверию к ней и успешному лицензионному процессу.

В заключение следует отметить, что создание системы безопасности хранилищ РАО — довольно сложная задача, требующая серьезного и творческого подхода, особенно в рамках недостаточно развитой для решения данного вопроса нормативно-правовой базы и, даже, отсутствия единой точки зрения на механизм решения этого вопроса [41].

Создание системы безопасности, включая такой ее элемент, как культура безопасности, следует рассматривать как отдельный проект со своей стратегией, четко прописанной сценарной линией, своими требованиями и критериями, оценкой (методологией оценки), экономическим аспектом и т. д.

Кроме того, создание эксплуатирующей организацией эффективной системы безопасности при эксплуатации хранилищ РАО — это процесс, который необходимо постоянно изучать и которым надо управлять со стороны регулирующего органа.

## Литература

1. Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько. Основные требования и критерии к выбору площадки для строительства хранилищ радиоактивных отходов // Ядерная и радиационная безопасность. — 2002. — Т. 5. — Вып. 3. — С. 69 — 79.
2. Логинов А. П., Сандул Г. А. Безопасность как показатель качества РАО и критерий классификации РАО // Ядерная и радиационная безопасность. — 2000. — Т. 3. — Вып. 1. — С. 19 — 30.
3. ДСТУ 2156. Безопасность промышленных предприятий. Термины и определения. Введ. 01.07.95. — К.: Госстандарт Украины, 1993. — 31 с.
4. IAEA-TECDOC-447. Глоссарий по обращению с радиоактивными отходами (МАГАТЭ). Вторая редакция. Русский перевод: ВНИПИ пром. технологий РФ. — М., 1992.
5. Серия по безопасности № 50-С-Q. Свод положений по обеспечению качества для безопасности атомных электростанций и других ядерных установок. МАГАТЭ, Вена, 1995.

6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. — К., 2003. — 135 с.
7. Логинов А. П., Сандул Г. А. Использование системы показателей качества в сфере обращения с радиоактивными отходами // Ядерная и радиационная безопасность. — 2003. — Т. 6. — Вып. 2. — С. 46—67.
8. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. // Сб. нормативно-технических и руководящих документов. Ч. 2. Оценка качества и аттестация продукции. М.: Изд-во стандартов, 1987. — С. 5 — 125.
9. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения. — Взамен ГОСТов 15467-70, 16431-70, 17341-71, 17102-71. Введен 01.07.79. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 25 с.
10. Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько. Принцип мультибарьерной защиты в системе обеспечения безопасности хранилищ РАО // Ядерная и радиационная безопасность. — 2003. — Т. 6. — Вып. 3. — С. 49 — 60.
11. Р 50-026-94. Выбор номенклатуры показателей, подлежащих обязательному включению в нормативные документы для обеспечения безопасности продукции. Введен 01.07.94. — К.: Держстандарт України, 1994. — 9 с.
12. Р. Ангелова, Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько. Устойчивое развитие системы «хранилище РАО — окружающая среда»: Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції «Об'єкт «Укриття», 15 років: минуле, сучасне, майбутнє» (27–30 листопада 2001 р.) // Проблеми Чорнобиля. — 2002. — Вып. 10, ч. 1. — С. 321 — 335.
13. НП 306.3.02./3.038-2000. Вимоги щодо структури та змісту звіту про аналіз безпеки приповерхневих сховищ радіоактивних відходів. Наказ Міністерства України № 154, 02.10.2000. Зареєстровано в Міністерстві України № 758/4979, 30.10.2000.
14. Норми радіаційної безпеки України. Доповнення: радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000). — К., 2000. — 80 с.
15. Организация обеспечения качества для атомных электростанций. Руководство МАГАТЭ по безопасности. Серия изданий по безопасности № 50-SG-QA7. — Вена: МАГАТЭ, 1984. — 59 с.
16. Калита П. Я. Системы качества и международные стандарты ISO серии 9000. Ч. 2: Общие рекомендации по разработке, внедрению и сертификации систем качества. — К.: МЦ «Прирост», 1996. — 166 с.
17. Safety Series № 111-F. The Principles of Radioactive Waste Management. IAEA, Vienna, 1995, 24 p.
18. Safety Series, WS-R-1. Near Surface Disposal of Radioactive Waste: Safety Requirements. IAEA, Vienna, 1999.
19. Safety Series, WS-G-1.1. Safety Assessment for Near Surface Disposal. IAEA, Vienna, 1999.
20. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» (із змінами), № 39/95-ВР, 08.02.95.
21. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» (із змінами), № 256/95-ВР, 30.06.95.
22. Закон України «Про дозвілну діяльність у сфері використання ядерної енергії» (із змінами), № 1370-ХІІ-ВР, 11.01.2000.
23. Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» (із змінами), № 2064-ІІІ-ВР, 19.10.2000.
24. НД 306.604-95. Поводження з радіоактивними відходами. Захоронення радіоактивних відходів у приповерхневих сховищах. Загальні вимоги радіаційної безпеки / Мінекобезпеки України, № 89, 01.07.95.
25. НП 306.3.04/2.002-97. Порядок звільнення радіоактивних відходів та побічних радіоактивних матеріалів від регуляційного контролю / Мінекобезпеки України, МОЗ України, № 183/331, 17.11.97. Зареєстровано в Міністерстві України 10.12.97. за № 583/2387.
26. ГНД 306.0.01/1.001-97. Система нормативно-правового регулювання ядерної та радіаційної безпеки. Основні положення / Мінекобезпеки України, № 185, 18.11.97.
27. НП 306.2.02/3.037-2000. Положення про перелік та вимоги щодо форми та змісту документів, що надаються експлуатуючою організацією для отримання ліцензій на здійснення діяльності на конкретному етапі життєвого циклу сховища для захоронення радіо-

активних відходів / Мінекоресурсів України, № 109, 15.08.2000. Зареєстровано в Мін'юст України 12.09.2000 за № 601/4833.

28. НП 306.3.02/3.038-2000. Вимоги щодо структури та змісту звіту про аналіз безпеки приповерхневих сховищ радіоактивних відходів / Мінекоресурсів України, № 154, 02.10.2000.

29. НП 306.4.08/1.042-2000. Правила збереження ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання / Мінекоресурсів України, № 241, 14.12.2000. Зареєстровано в Мін'юст України 12.01.01. за № 13/5204.

30. НП 306.5.04/2.060-2002. Умови і вимоги безпеки (ліцензійні умови) провадження діяльності з переробки, зберігання та захоронення радіоактивних відходів / Держатомрегулювання України, № 110, 22.10.02. Зареєстровано в Мін'юст України 06.11.02. за № 874/162 (із змінами 2005 р.).

31. Про затвердження Правил ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів (ПБПРМ-2006) / Держатомрегулювання України, № 132, 30.08.06. Зареєстровано в Мін'юст України 18.09.06. за № 1056/12930.

32. РД 306.4.098-2004. Рекомендації щодо встановлення критеріїв приймання кондиційованих радіоактивних відходів на захоронення у приповерхневих сховищах / Держатомрегулювання України, № 160, 25.10.04.

33. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005). Затверджено МОЗ України 02.02.05, № 54; зареєстровано в Мін'юст України 20.05.05, № 552/10832.

34. Радиационная безопасность. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 г. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, осно-

ванные на рекомендациях 1990 г. Публикация 60 МКРЗ, ч. 1. — М.: Энергоатомиздат, 1994.

35. Радиационная безопасность. Рекомендации Международной Комиссии по радиологической защите 1990 г. Публикация 60 МКРЗ, ч. 2 (приложения). — М.: Энергоатомиздат, 1994.

36. *Глаголева М. А., Сандул Г. А.* Перевозка радиоактивных материалов. III. Обеспечение безопасности // Ядерная и радиационная безопасность. — 2006. — Т. 9. — Вып. 2. — С. 9–16.

37. *Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько.* Мониторинг системы «хранилище радиоактивных отходов — окружающая среда». II. Виды мониторинга и их классификация // Ядерная и радиационная безопасность.

38. *Г. А. Сандул, Т. Я. Сенько.* Мониторинг системы «хранилище радиоактивных отходов — окружающая среда». III. Организация системы мониторинга. Ч. 1: Мониторинг территории (площадки) хранилищ РАО // Ядерная и радиационная безопасность. — 2007. — № 4. — С. 19–31.

39. *Глаголева М. А., Сандул Г. А.* Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности в ядерной энергетике. I. Понятийно-категориальный аппарат // Ядерная и радиационная безопасность. — 2002. — Т. 5. — Вып. 4. — С. 11–19.

40. *Майкл Армстронг.* Практика управления человеческими ресурсами. — Изд. 8. — СПб.: Питер, 2007. — 832 с. — Серия «Классика МВА».

41. *З. М. Алексеева, Т. М. Василенко, А. О. Павленко, Г. А. Телецька.* Критерії приймання кондиційованих радіоактивних відходів на захоронення у приповерхневих сховищах // Ядерная и радиационная безопасность. — 2006. — Т. 9. — Вып. 2. — С. 42–50.