

## Учет, контроль и физическая защита ядерных материалов на объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС

Приведены существующие оценки количества ядерных материалов в послеаварийном энергоблоке № 4 ЧАЭС. Рассмотрена система и методы учета и контроля ядерных материалов на объекте «Укрытие». Продемонстрирована общность задач, стоящих перед учетом, контролем и физической защитой ядерных материалов. Описаны конфигурация системы физической защиты на объекте «Укрытие», ее специфика и факторы, способные оказать негативное влияние на ее эффективность.

**Ключевые слова:** учет, контроль, физическая защита, ядерные материалы, объект «Укрытие».

Е. І. Катунін, Л. М. Салій

### Облік, контроль і фізичний захист ядерних матеріалів на об'єкті «Укриття» Чернобыльської АЕС

Наведено наявні оцінки кількості ядерних матеріалів у післяаварійному енергоблоці № 4 ЧАЕС. Розглянуто систему й методи обліку та контролю ядерних матеріалів на об'єкті «Укриття». Продемонстровано спільність завдань, що стоять перед обліком, контролем і фізичним захистом ядерних матеріалів. Описано конфігурацію системи фізичного захисту на об'єкті «Укриття», її специфіку та фактори, що здатні негативно впливати на її ефективність.

**Ключові слова:** облік, контроль, фізичний захист, ядерні матеріали, об'єкт «Укриття».

© Е. И. Катунин, Л. М. Салий, 2011

По состоянию на 25 апреля 1986 г. на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС находилось 231,5 т ядерного топлива по урану: в шахте реактора — 190,3 т (215 т  $UO_2$ ), в бассейне выдержки — 19,4 т, в центральном зале — 2,3 т, в помещении подготовки свежего топлива — 19,5 т [1]. В активной зоне реактора находилось до 700 кг плутония. Все оценки количества ядерного топлива 4-го энергоблока после аварии являются теоретическими, основанными на гипотетических модельных представлениях о процессах развития аварии, так как применение стандартных методов учета ядерных материалов для реакторной установки, перенесшей запроектную аварию, оказалось невозможным.

Целью настоящей статьи является необходимость продемонстрировать важность задач учета и контроля ядерных материалов разрушенного 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС и показать их общность с задачей физической защиты, а также связанную с этим специфику организации учета, контроля и физической защиты ядерных материалов объекта «Укрытие» (далее — ОУ).

**Оценка количества ядерного топлива 4-го энергоблока после аварии 1986 г.** После аварии на 4-м энергоблоке экспертами разных стран делались оценки масштаба выброса радионуклидов, существенно расходящиеся по составу и по активности [2]—[4]. Так, согласно оценке, представленной для совещания экспертов МАГАТЭ в августе 1986 г., выброс составил 50 МКи, или приблизительно 3,5 % общего количества радионуклидов на момент аварии; таким образом, утверждалось, что на ОУ содержится свыше 96 % ядерного топлива [3].

В Меморандуме международного симпозиума (1994 г.) «Безопасность Укрытия—94» [4] отмечается, что количество ядерного топлива в пределах ОУ находится в пределах 27—135 т, другими словами — максимальная величина выброса может достигать 163 т, или 86 %. Данные, представленные экспертами разных стран, по объемам выброса элементов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Объемы выброса в результате аварии 1986 г. на 4-м энергоблоке ЧАЭС, % доаварийного количества ЯМ

Элементы	СССР	США (NRC)	Англия	Франция	Канада
РБГ	100	100	—	—	—
I	20	20	1—20	—	75
Cs	13	20	15—20	20	16
Te	15	3,0	—	7,0	—
Ru	2,9	0,4	1,0	1,0—2,0	—
Sr	4,0	—	—	—	16
Ba	5,6	0,4—0,7	—	—	—
La	—	0,06—0,2	—	0,01—0,04	—
Np	3,2	0,04—0,1	—	0,02—0,04	—

Можно привести еще целый ряд других сильно различающихся оценок количества ядерных материалов (ЯМ), находящихся в ОУ [5], [6], но это не изменит (а только подтвердит) очевидность факта: единой, общепризнанной, строго обоснованной оценки этого количества пока нет.

В этой связи аспект нераспространения ядерных материалов из ОУ имеет существенное значение. Соблюдение принципов нераспространения самым тесным образом связано с системой учета и контроля ядерных материалов, которая является важной гарантией безопасности деятельности, связанной с использованием таких материалов.

**Методы учета и контроля ядерных материалов на объекте «Укрытие».** В настоящее время учет и контроль ядерных материалов на ОУ проводятся в целях определения наличного количества ядерных материалов в местах их хранения, а также изменений их инвентарного количества за установленные интервалы времени [11]. Учет и контроль ЯМ являются неотъемлемой частью работ, выполняемых при любой деятельности с ЯМ, и должны обеспечивать своевременное обнаружение потерь вследствие несанкционированного использования или хищения.

Учету и контролю подлежат уран и плутоний-239 в любом физическом состоянии или в химических соединениях, за исключением таких, что:

содержатся в балк-форме в количестве меньше 1 г в одной партии и их общее количество не превышает 10 г (учет в балк-форме предполагает россыпь одинаковых по форме и размерам элементов, содержащих ядерные материалы одинакового состава);

хранятся в отходах, которые не подлежат регенерации.

На основании данных обследования послеварийного 4-го энергоблока ЧАЭС [3] можно утверждать: практически все тепловыделяющие сборки (ТВС) оказались разрушенными. Как следствие, учет ядерных материалов ОУ в форме учетных единиц стал невозможен. После аварии не были возможны никакие инвентаризация и учет ядерных материалов ОУ ни в штучной, ни в балк-форме, так как они находятся в состоянии застывшей лавы, в виде пыли, фрагментов механического повреждения. При этом в шахте реактора нет элементов активной зоны, данные о точном местонахождении, состоянии и составе отсутствуют.

Вместе с тем, в результате проведенных широкомасштабных работ специалистами Комплексной экспедиции ИАЭ им. Курчатова в период 1986—1988 гг. практически все помещения были обследованы как визуально, так и инструментально. Полученные данные [12] позволили приблизиться к определению количества и состояния ядерного топлива.

По крайней мере, теперь известно, в каких помещениях находятся топливосодержащие массы (ТСМ), их геометрические размеры, характеристики образцов и проб, мощности экспозиционной дозы, плотности нейтронных потоков. Через пробуренные скважины были установлены экспериментальные датчики, которые впоследствии заменили аттестованными системами контроля состояния ТСМ.

Для организации учета и контроля ядерных материалов на ОУ устанавливаются зоны баланса материала (ЗБМ) и ключевые точки измерений установки (КТИ).

*Зоной баланса* называется зона внутри или вне установки (или участок территории, установленный Госатомрегулированием Украины для целей государственной системы учета и контроля), где размещены или могут размещаться ЯМ и в соответствии с установленными процедурами подведения материального баланса определяются: 1) количество ЯМ при каждой передаче в зону (из зоны) баланса материала; 2) фактически наличное количество ЯМ.

Для объекта «Укрытие» установлены две зоны баланса материала: РКС4 — для учета ЯМ разрушенного 4-го

энергоблока; РКСА — для учета ЯМ, обнаруженного на ОУ и помещенного в места хранения.

*Ключевой точкой измерений* называется место, где ЯМ находятся в такой форме, что могут быть измерены для определения потока перемещения ЯМ или инвентарного количества ЯМ.

Ключевыми точками измерений в зоне баланса РКС4 являются: отработавшие тепловыделяющие сборки (ОТВС) в южном бассейне выдержки центрального зала 4-го блока (ЦЗ-4); фрагменты активной зоны; мелкодиспергированное топливо (пыль); соединения урана и плутония в водных растворах; формы лавообразных ТСМ.

Ключевыми точками измерений в зоне баланса РКСА являются: легко идентифицируемый ЯМ; ЯМ с относительно хорошими характеристиками и для которого можно дать хорошую количественную оценку; ЯМ, который трудно охарактеризовать и для которого можно дать грубую количественную оценку ЯМ, если это возможно; другие места хранения ЯМ.

Для зоны баланса материала РКС4 под гарантии МАГАТЭ заявлен ЯМ в количестве, соответствующем инвентарному количеству ЯМ на момент аварии 26.04.1986, за исключением 36 свежих ТВС в помещении подготовки и хранения топлива, которые в 1987 г. были вывезены на склад свежего топлива. Изотопный состав ЯМ рассчитан на основании данных завода-изготовителя.

Единицами для целей учёта являются: граммы содержащегося плутония; граммы общего количества урана и граммы содержащегося урана-235.

Какие-либо изменения инвентарного количества ЯМ в зоне баланса материала РКС4 не предусматриваются.

В зоне баланса материала РКСА учёту подлежит ЯМ, обнаруженный на ОУ, после его идентификации и количественной оценки. За единицу измерения принимается партия делящегося ядерного материала. Данные партии должны включать общую массу урана и плутония, а также массу изотопов урана-235. Единицами для целей учёта являются: граммы содержащегося плутония; граммы общего количества урана и граммы содержащегося урана-235.

Определение ядерных потерь (выгорания) и наработки ЯМ для зоны баланса материала РКСА проводится расчётным путём.

Основной принцип ведения учёта — своевременная регистрация каждого изменения инвентарного количества ЯМ и перемещения ЯМ между КТИ в границах данной ЗБМ.

Исходные учетные документы для учета ЯМ: протоколы (акты) выполнения измерений содержания ЯМ; учетные карточки на партию ЯМ; заводские паспорта на ТВС; учетные документы по ЗБМ РКС4.

В каждой КТИ ведется картограмма размещения ЯМ. В картограмме указываются координаты размещения материала, номера партий/учетных единиц. Координаты устанавливаются в соответствии со спецификой каждого помещения.

Все данные о количестве и составе партий ЯМ, отправленных, полученных или созданных из обнаруженных и извлеченных при осуществлении деятельности по преобразованию объекта «Укрытие», основываются на данных, полученных после идентификации и оценки количества ЯМ в свежем, отработавшем ядерном топливе, фрагментах активной зоны (ТВС, твэлах, фрагментах ТВС и твэлов, топливных таблетках и их обломках) и других ТСМ.

Измеряемыми величинами являются: количество партий; масса партии; масса урана в партии; масса урана-235 в партии; масса плутония в партии; мощность экспозиционной дозы на поверхности контейнера (с указанием точки измерения); плотность нейтронного потока.

Идентификация и оценка количества ЯМ, обнаруженного на объекте «Укрытие» в свежем, отработавшем ядерном топливе, во фрагментах активной зоны (ТВС, твэлах, фрагментах ТВС и твэлов, топливных таблетках и их обломках) и других ТСМ, выполняется в соответствии с Положением о системе измерений ядерных материалов [16] и Методикой по идентификации и оценке количества ядерного материала, обнаруженного при стабилизационных работах на объекте «Укрытие» [17], разработанной на ГСП ЧАЭС. Согласно этой методике, при выявлении высокоактивных отходов для индикации наличия в них ЯМ применяется метод детектирования, включающий в себя: 1) регистрацию гамма-пика Cs-137; 2) детектирование нейтронного излучения.

Фиксирование гамма-пика Cs-137 и потока нейтронов от фрагмента активной зоны позволит сделать вывод о наличии в нём облученного ЯМ. Для выполнения данных измерений необходимо использовать переносной комплект оборудования, в который входят гамма- и нейтронный детекторы направленного действия, а также цифровая камера для проведения съемки найденных фрагментов с целью определения их геометрических размеров.

При обнаружении ЯМ на ОУ в зоне РКСА персонал сообщает о факте обнаружения материала, предположительно содержащего делящийся ЯМ, и составляется акт о факте обнаружения материала, предположительно содержащего делящийся ЯМ. Обнаруженный материал подлежит идентификации и измерению. По результатам проведения идентификации и измерения материала оформляется протокол (акт) измерения ЯМ, обнаруженного на ОУ. На основании протокола (акта) измерений ЯМ оформляется учетная карточка партии ЯМ и вносятся изменения в картограмму размещения ЯМ. На основании заполненной учетной карточки вносится информация в базу данных.

**Физическая инвентаризация ядерных материалов в зонах баланса.** Физическая инвентаризация ЯМ в ЗБМ РКСА проводится с целью установления фактически наличного количества необлученных ЯМ, обнаруженных на ОУ, на дату проведения инвентаризации. Плановая физическая инвентаризация проводится раз в год. Внеплановая инвентаризация проводится в случае обнаружения потери делящихся ядерных материалов. До начала физической инвентаризации на основании данных компьютерного учета отдел ядерной безопасности (ОЯБ) формирует картограмму размещения ЯМ в ЗБМ РКСА. Физическая инвентаризация ЯМ в ЗБМ РКСА включает:

- проверку наличия и учет всех учетных единиц/партий ЯМ в местах хранения;
- идентификацию всех учетных единиц/партий ЯМ в местах хранения;
- проверку состояния средств сохранения в местах хранения ЯМ.

По окончании физической инвентаризации подводится баланс ЯМ и сравнивается инвентарное количество ЯМ, занесённое в базу данных, с фактически наличным количеством, полученным в результате инвентаризации.

Что касается зоны баланса РКС4, то до настоящего времени ни одной процедуры физической инвентаризации в зоне не проводилось, поскольку даже для инвентаризации

1 % находящегося в лаве ТСМ потребуется обработка огромного количества партий исходя из неоднородности исходного материала и больших его объемов. В то же время для радиационно-безопасного хранения упаковок потребуется сооружение здания размером, превышающим размеры существующего ОУ.

**Физическая защита ядерных материалов на объекте «Укрытие».** Отсутствие однозначного определения количества и состояния ядерных материалов, а также повреждение технологических конструкций ядерной установки, являвшихся барьерами, требует от системы физической защиты (ФЗ) ОУ высокой её эффективности и надежности. С учетом этого ОЯБ и подразделениями эксплуатации ОУ определены цели, маршруты и возможные сценарии действий правонарушителей по вовлечению ядерных материалов из ОУ в незаконный оборот.

Установлено, что одним из вероятных путей перемещения ЯМ за пределы ОУ может служить транспортный приемок, оборудованный тельфером. В проекте модернизации системы ФЗ ОУ было предусмотрено устройство систем блокировок открытия данного прохода, установлены видеонаблюдение и регистрация, средства выявления вторжения. Кроме этого, специалистами МАГАТЭ в этом месте смонтированы независимые системы видеоконтроля. Таким образом, комплекс организационных и технических мер должен снизить уровень рисков несанкционированного перемещения ЯМ по указанному маршруту. Аналогичным образом проанализированы и другие маршруты и сценарии.

Учитывая особенности расположения и состояния ЯМ в ОУ, конфигурация системы ФЗ носит специфический характер. Так, если следовать формальной стороне, то для ядерной установки с ЯМ второй категории достаточно иметь только две зоны ограничения доступа, но для данного конкретного объекта этого недостаточно. Кроме этого, выполнить требования по созданию минимально короткого рубежа вокруг мест сосредоточения ЯМ не представляется возможным в силу неблагоприятной радиационной обстановки. Поэтому оконтуренные места расположения ЯМ предполагается дополнительно оборудовать техническими средствами контроля, функцию которых будут выполнять как системы видеонаблюдения, так и различные детекторы, фиксирующие изменения мощности экспозиционной дозы, нейтронного потока.

Например, известно, что в южном бассейне выдержки находятся 118 ОТВС практически в штатном состоянии (только без воды). Над бассейном выдержки находится слой обломков строительных конструкций толщиной около 4 м. Контролировать попытку перемещения указанных ОТВС можно с помощью видеосистемы с сенсорными свойствами. Вместе с тем, установка коллимированного датчика гамма-излучения также может дать положительный результат в случае попытки демонтажа завала, что должно привести к изменению гамма-фона в этом районе центрального зала. Вопрос возникает в следующем: кто, какое подразделение должно заниматься обслуживанием данной системы контроля — физзащиты или учета и контроля?

Можно по-разному подойти к решению этого вопроса. С практической точки зрения акценты должны быть расставлены таким образом, чтобы результаты контроля давали возможность принять адекватные меры. Например, решение о конфигурации системы должно приниматься исходя из того, что именно мы хотим получить в качестве

реакции системы на ожидаемое событие: немедленную сигнализацию, сопоставление с другими данными или сохранение результатов в режиме ожидания? Приведенный пример, на наш взгляд, демонстрирует общность задач, стоящих перед учетом, контролем и физзащитой ЯМ.

Вместе с тем, критериями эффективности системы физзащиты ОУ должны быть свойства, исключаящие какое-либо перемещение ЯМ и РАО, по крайней мере до завершения строительства нового безопасного конфайнмента:

регистрация всех перемещений персонала в пределах ОУ; выявление вторжения правонарушителей в зоны ограничения доступа;

задержка продвижения правонарушителей в зонах ограниченного доступа;

обеспечение действий сил реагирования на вторжение; смягчение негативных последствий незаконных действий относительно ЯУ и ЯМ.

Нами, насколько это возможно, реализовано зонирование 4-го энергоблока. В качестве внутренней зоны условно принято непосредственно реакторное отделение. С учетом происшедшего в 1995 г. инцидента была установлена система видеонаблюдения за развеской свежего топлива в ЦЗ-4. Для этого в разделительной стене между 3- и 4-м блоками была пробурена скважина, изготовлена телескопическая конструкция для крепления видеокамеры, освещения и другого вспомогательного оборудования.

Следующей зоной вокруг ЦЗ-4 являются необслуживаемые помещения, на границе которой все проходы закрыты, запорты на замки и печатаны. Рубеж этой зоны находится на самохране эксплуатирующего ОУ персонала. Его надежность всецело зависит от человеческого фактора, что требует относить его к недостаточно надежным рубежам, обладающим довольно высоким уровнем риска утраты ЯМ. Как вариант, можно применить требование присутствия не менее двух лиц при посещении этой зоны, но для этого потребуется использование дополнительного персонала, увеличится коллективная доза облучения персонала. В любом случае необходимо взвешивать негативные последствия и затраты на их предотвращение. Но при этом следует помнить, что «правило двух человек» не всегда приносит ожидаемый результат.

Влияние человеческого фактора проявилось в мае 1995 г., когда группа работников ЧАЭС по сговору демонтировала элементы кассет с узла развески свежего топлива в развале 4-го энергоблока. Одни из них ножовкой отрезали часть твэлов, затем другие в другом помещении извлекли таблетки, а третьи вынесли демонтированные части за пределы установки. При этом на сработавшие средства радиационного контроля работники санпропускника среагировали вполне объяснимо: они помогли переоблучившемуся «герою» избавиться от грязной одежды и обуви. (При этом следует заметить, что свежее топливо, находившееся в ЦЗ-4, получило поверхностное загрязнение в результате манипуляций с ним).

Правоохранительными органами фигуранты этого дела были задержаны и преданы суду. После этого нами были установлены полноростные турникеты на выходе из промплощадки ОУ, которые блокируются от сигнала датчиков радиоактивности. Теперь любой случай сработки системы фиксируется на нестираемом диске и проводится расследование с участием заинтересованных сторон. Возможно, такое решение привело к тому, что оставшаяся часть похищенного топлива так и не пересекла пределы локальной

зоны ОУ и была обнаружена в сентябре 2005 г. при перемещении одного из временных вагончиков.

В 2002 г. правоохранительные органы Республики Беларусь задержали группу лиц, пытавшихся реализовать 1398,0 г расчетного количества урана, в том числе 29,0 г изотопа U-235 свежего ядерного топлива, анализ которого показал наличие пиков, характерных для урана в гамма-спектре, и отсутствие пиков, характерных для осколков деления. Было установлено, что образцы представляют собой части твэлов, применяемых в РБМК. Материалом служил спеченный диоксид урана с обогащением 2,0 % по изотопу U-235. На основании представленных материалов был сделан вывод о том, что выявленные образцы не имеют чернобыльского происхождения, однако и данных о нарушении баланса на какой-либо установке в МАГАТЭ не поступало.

Следующим рубежом после необслуживаемых помещений является внешняя граница 4-го энергоблока, включая машзал, деаэрационную этажерку, реакторное отделение, кровлю и разделительную стенку между 3- и 4-м блоками. На этой границе имеется ограниченное число санкционированных проходов и аварийных выходов. Однако, кроме этого, при строительстве ОУ в ходе проведения работ по стабилизации строительных конструкций образовались проёмы, через которые с определенными ухищрениями можно несанкционированно проникнуть во внутренние помещения ОУ.

Проходы через средства доступа ограничивают возможности внутреннего нарушителя, позволяют сепарировать потоки персонала и регистрировать их местонахождение для осуществления анализа и контроля. Возникшие проемы в установленном порядке устраняются.

С учетом технологии строительства НБК охраняемую территорию локальной зоны ОУ расширили до пределов промплощадки, что создает дополнительную нагрузку и может оказать негативное воздействие на эффективность системы ФЗ. Свидетельством этого являются факты выявления высокоактивных образцов при выемке грунта под фундаменты подъездных путей и других сооружений. В результате взрыва в 1986 г. фрагменты активной зоны разлетались во всех направлениях и, естественно, их следы обнаруживаются в грунте и послеаварийных строительных конструкциях. Задача состоит в своевременном выявлении идентификации и сохранении в установленном порядке.

## Выводы

Учитывая особенности учета, контроля и физической защиты ядерных материалов на объекте «Укрытие» Чернобыльской АЭС, для обеспечения гарантий МАГАТЭ следует предусмотреть требования к порядку учета, контроля и физической защиты ядерных материалов для установок, претерпевших аварии различных уровней, включая проектные.

## Список литературы

1. Бегичев С. Н., Боровой А. А., Бурлаков Е. В. и др. Топливо реактора четвертого блока ЧАЭС (краткий справочник). — М., 1990. — 21 с. (препр. /Ин-т атомной энергии; 5268/3).
2. Авария на Чернобыльской АЭС и ее последствия: Информация, подготовленная для совещания экспертов МАГАТЭ

(25–29 августа 1986 г., Вена). — Ч. II, Приложения / ГКАЭ СССР. — М., 1986. — 92 с.

3. Киселев А. Н. Пославарийный баланс ядерного топлива на 4-м блоке Чернобыльской АЭС. — М., 1994. — 17 с. (препр. /ИАЭ-5716/3).

4. Checherov K. P. Analysis of the thermal methods used to determine the account of nuclear fuel in the sarcophagus, Proceedings of an International Symposium “Sarcophagus Safety, 94” The State of the Chernobyl Nuclear Power Plant Unit-4, Zeleny Mys, Chernobyl, Ukraine, 14–18 March, 1994, NEA, OECD, 1995, Paris, p. 87–97.

5. Кривохатский А. С., Савоненков В. Г. Классификация радиоактивных техногенных продуктов из развала IV блока Чернобыльской АЭС. — М., 1990. — 39 с. (препр. /ЦНИИАИ-РИ216).

6. Новосельский О. Ю., Чечеров К. П., Жуков Н. В. Уточнение количества ядерного топлива, находящегося внутри 4-го блока ЧАЭС. — М.: НИКИЭТ, 1992. — 129 с.

7. Ліцензія Державного комітету ядерного регулювання України, серія ЕО, № 000033 від 30 грудня 2001 р., зі змінами 17 листопада 2004 р., 29 грудня 2005 р., 24 лютого 2010 р., від 14 лютого 2007 р.

8. Закон Украины «Про использование ядерной энергии и радиационную безопасность», 1995.

9. Закон Украины «О физической защите ядерных установок, ядерных материалов, радиоактивных отходов, других источников ионизирующего излучения», 2001.

10. Положение о реализации соглашения между Украиной и Международным агентством по атомной энергии о применении гарантий ко всему ядерному материалу во всей мирной деятельности Украины: приказ Минэкобезопасности Украины от 19.11.97 № 189.

11. Правила ведения учета и контроля ядерных материалов: приказ Госатомрегулирования Украины № 97 от 26.06.2006.

12. Итоговый аннотационный отчет о выполнении НИОКР КЭ за 1991 год по договору I-«У»-91: Отчет комплексной экспедиции при ИАЭ, инв.№ 11.07/318 от 20.12.91. — 60 с.

13. Порядок надання інформації для планування інспекцій зон балансу ядерних матеріалів на АЕС (для реакторів типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 та ДСП “Чернобыльська АЕС”): наказ ДКЯР України № 73/305 від 17.06.2003.

14. Осуществление гарантий МАГАТЭ на установке. Временная типовая инструкция ОПЕРАТОРА: ГНД 95.0.01.03.012–99.

15. ГСУК. Заполнение форм учетной и отчетной документации: НД-306–802–93.

16. Положення про систему вимірювань ядерних матеріалів: наказ ДКЯР України № 24 від 13.02.2006.

17. Методика по идентификации и оценке количества ядерного материала, обнаруженного при стабилизационных работах на объекте «Укрытие»: 2М-ОЯБ / ГСП ЧАЭС. — 2005.

18. Методичні вказівки щодо проведення фізичної інвентаризації: РД 306.7.112–2005.

19. Правила физической защиты ядерных установок и ядерных материалов. — 2006.

20. Загальні вимоги до систем фізичного захисту ядерних установок та ядерних матеріалів — 2008.

21. Порядок визначення рівня фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання відповідно до їх категорії. — 2003.

22. Правила поведження з інформацією щодо фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, інших джерел іонізуючого випромінювання, доступ до якої обмежується. — 1998.

Надійшла до редакції 22.12.2010.