

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

А. А. Ключников, В. А. Краснов, В. М. Рудько, В. Н. Щербин

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

Представлены результаты исследований по состоянию топливосодержащих материалов и прогнозу их поведения в будущем, характеристикам аэрозолей, механизмам образования жидких радиоактивных отходов, радиационной обстановке на промплощадке и монтажной площадке нового безопасного конфайнмента, а также анализ влияния объекта «Укрытие» на окружающую среду. Описано состояние строительных конструкций объекта «Укрытие». Рассмотрены подготовка и реализация международных проектов по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, в том числе плана осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» (SIP).

### Введение

26 апреля 1986 г. на 4-м блоке ЧАЭС произошла крупнейшая в истории атомной энергетики авария, в результате которой была полностью разрушена активная зона реактора и вся верхняя часть здания реакторного отделения, сильно пострадали и другие сооружения. Были уничтожены барьеры и системы безопасности, защищающие окружающую среду от радионуклидов, содержащихся в облученном топливе. Выброс активности из разрушенного реактора на уровне миллионов кюри в сутки, продолжался в течение 10 дней с 26 апреля по 6 мая 1986 г., после чего упал в тысячи раз и в дальнейшем постепенно уменьшался (рис. 1).

В 1986 г. был выполнен комплекс работ по созданию над разрушенным 4-м энергоблоком временного укрытия, получившем в дальнейшем название "объект "Укрытие".

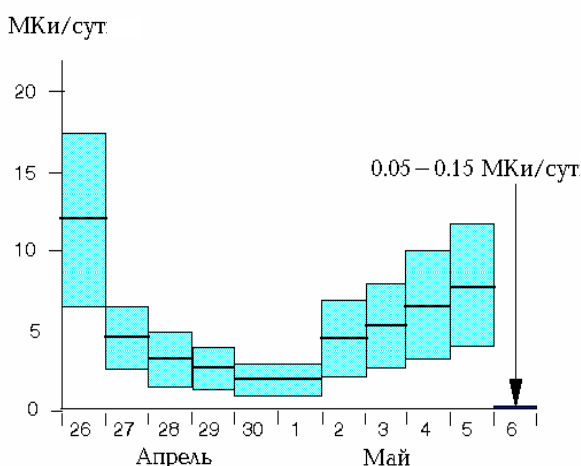


Рис. 1. Интенсивность выброса продуктов деления активной зоны реактора (первые 10 дней).

Строительство было осуществлено в рекордно короткий срок – за шесть месяцев. Однако сооружение объекта «Укрытие» на разрушенных конструкциях 4-го энергоблока в огромных радиационных полях не позволило выполнить все нормативные требования по ядерной, радиационной и общепромышленной безопасности. Поэтому главной особенностью объекта «Укрытие» продолжает оставаться его потенциальная опасность, существенно большая, чем это допускается нормами и правилами, существующими для объектов, содержащих ядерно-опасные делящиеся и радиоактивные материалы.

В целом с точки зрения радиационной безопасности объект "Укрытие" есть открытый источник альфа-, бета-, гамма- и нейтронного излучения, который по своим радиационным характеристикам не имеет аналогов в мировой практике.

Определение существующего статуса объекта «Укрытие» приводится в дополнение к НРБУ-97 «Радиационная защита от источников потенциального облучения» (НРБУ-97/Д-2000). В нем сказано, что объект «Укрытие» в нынешнем его состоянии следует классифицировать, как «место поверхностного хранения неорганизованных РАО (временное хранилище неорганизованных РАО, находящееся в стадии стабилизации и реконструкции)».

### 1. Разрушения 4-го блока после аварии и создание объекта «Укрытие»

После взрыва, произошедшего в ночь на 26 апреля 1986 г. на 4-м блоке ЧАЭС, часть конструкций реакторного блока, деаэрационной этажерки, машинного зала и других зданий

оказались разрушенными (рис. 2). Главные повреждения зданий, которые удалось обнаружить при внешнем осмотре и при проникновении в доступные (по уровню радиации и степени разрушения) помещения, сводились к следующему:

#### ***Реакторный блок***

Активная зона разрушена полностью. Ее фрагменты выброшены взрывом в развал здания, на крыши соседних зданий, площадки вентиляционной трубы, разбросаны по прилегающей территории. Позднее выяснилось, что часть ядерного топлива попала на нижние отметки реакторного отделения в виде топливной лавы. Верхняя плита биологической защиты (схема «Е») сорвана с места и стоит наклонно поперек шахты реактора. Стены и перекрытия центрального зала (ЦЗ) реактора разрушены. Смещены перекрытия и разрушены стены помещений барабанов-сепараторов. Сорвана и обрушилась вниз разгрузочно-загрузочная машина. Помещение северных главных циркуляционных насосов (ГЦН) разрушено полностью, помещение южных ГЦН - частично.

#### ***Деаэрационная этажерка***

Разрушены два верхних этажа, колонны каркаса смещены в сторону машинного зала.

#### ***Машинный зал***

В результате пожара и падения обломков во многих местах разрушена кровля. Взрывной волной деформировано несколько строительных ферм, смещены колонны каркаса по оси А.

#### ***Блок вспомогательных систем реакторного отделения (ВСРО)***

Имеет локальные разрушения.

#### ***Система аварийного охлаждения реактора***

Разрушена полностью и завалена строительными конструкциями.

Кроме перечисленных основных разрушений, имелись многочисленные разрушения отдельных конструкций и помещений, не оказавших большого влияния на общую устойчивость сооружений.

#### ***Территория***

После взрыва территория, непосредственно прилегающая к разрушенному блоку, была загрязнена разбросанными фрагментами активной зоны: обломками тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), блоками графитовой кладки, элементами конструкций. Они попали на крышу и внутрь машинного зала, деаэрационной этажерки, на крышу 3-го блока, металлические опоры вентиляционной трубы и т.п.



В середине мая 1986 г. Правительственная комиссия приняла решение о долгосрочной консервации 4-го блока с целью предотвращения выхода радионуклидов в окружающую среду и уменьшения воздействия проникающей радиации на площадке ЧАЭС.

Рис. 2. Разрушенный 4-й блок ЧАЭС.

Постановлением ЦК КПСС и СМ СССР № 634-188 от 29 мая 1986 г. Министерству среднего машиностроения СССР были поручены «работы по захоронению 4-го энергоблока ЧАЭС и относящихся к нему сооружений». Объект получил название «Укрытие 4-го блока ЧАЭС».

## Конструкция объекта «Укрытие»

Строительство "Укрытия" было завершено в ноябре 1986 г.

30 ноября 1986 г. Государственная приемочная комиссия, назначенная распоряжением Совета Министров СССР № 2126рс от 23 октября 1986 г., приняла на техническое обслуживание законсервированный энергоблок № 4 ЧАЭС (рис. 3 и 4).

В машинном зале между энергоблоками была возведена монолитная стена толщиной 2,3 м до отметки +19,0, а выше – толщиной 1,4 м. В деаэрационной этажерке разделительные стены выполнены монолитными железобетонными, толщиной 1 м по ряду Б между осями 41 - 35 и по оси 41 между рядами Б - В.

В реакторном блоке разделительная стена до отметки +12,0 м между рядами Т - Л выполнена путем заполнения бетоном транспортного коридора между осями 41 - 42. В других местах использованы существующие стены и перегородки с соответствующей заделкой проемов, отверстий, щелей и т.п.

По периметру 4-го энергоблока сначала были выполнены «пионерные» защитные стены из железобетона высотой около 6 м со стороны завала (северная сторона блока) и около 8 м с южной и западной сторон.

Северная каскадная стена была выполнена из бетона в виде уступов высотой около 12 м. Сохранившаяся западная стена снаружи закрыта стеной с контрфорсами высотой 50 м.

Для опирания главных балок Б1 и Б2, установленных по рядам П и Ж, выбраны на западе остатки железобетонной стены по оси 50 толщиной около 0,9 м и железобетонные вентиляционные шахты у осей 43 - 44, сохранившиеся после взрыва.

Нарушенный участок стены в районе ряда Ж перед установкой балок усилен стальным корсетом с последующим его бетонированием.

На балки Б1 и Б2 уложено 27 металлических труб диаметром 1220 мм, длиной 34,5 м, а над трубами устроена кровля из профилированного настила - шесть пространственных блоков.

Опорой для стальных щитов по южной стороне служит установленная по ряду В стальная балка «Мамонт», опирающаяся в свою очередь на бетонные опоры у осей 41 и 51. Опоры были выполнены на завале из разрушенных железобетонных конструкций перекрытий двух верхних этажей, обломков оборудования и трубопроводов.

Для перекрытия участка блока между осями 40 - 50 в рядах Б - В по ряду Б с опорой на заваленные разрушенными конструкциями перекрытия запроектирована и выполнена балка-короб («Осьминог»), являющаяся распределительной конструкцией.

Над машинным залом в осях 40 - 50 между рядами А - Б запроектирована новая кровля из балок-ферм и стальных щитов, опирающихся по ряду А на вновь установленные пространственные колонны и на сохранившиеся консоли в колоннах по ряду В. Между осями 54 - 50 и 40 - 34 уложены пространственные стальные блоки по существующему покрытию.

## 2. Ядерно-опасные материалы внутри объекта «Укрытие» (интегральные оценки)

### 2.1. Ядерное топливо, находившееся внутри 4-го блока перед аварией

Перед аварией ядерное топливо находилось в четырех местах реакторного отделения 4-го энергоблока:

- в активной зоне ядерного реактора РБМК-1000;
- в бассейне выдержки кассет с отработавшим топливом;
- на узле подготовки топливных кассет в ЦЗ;
- в помещении подготовки свежего топлива.

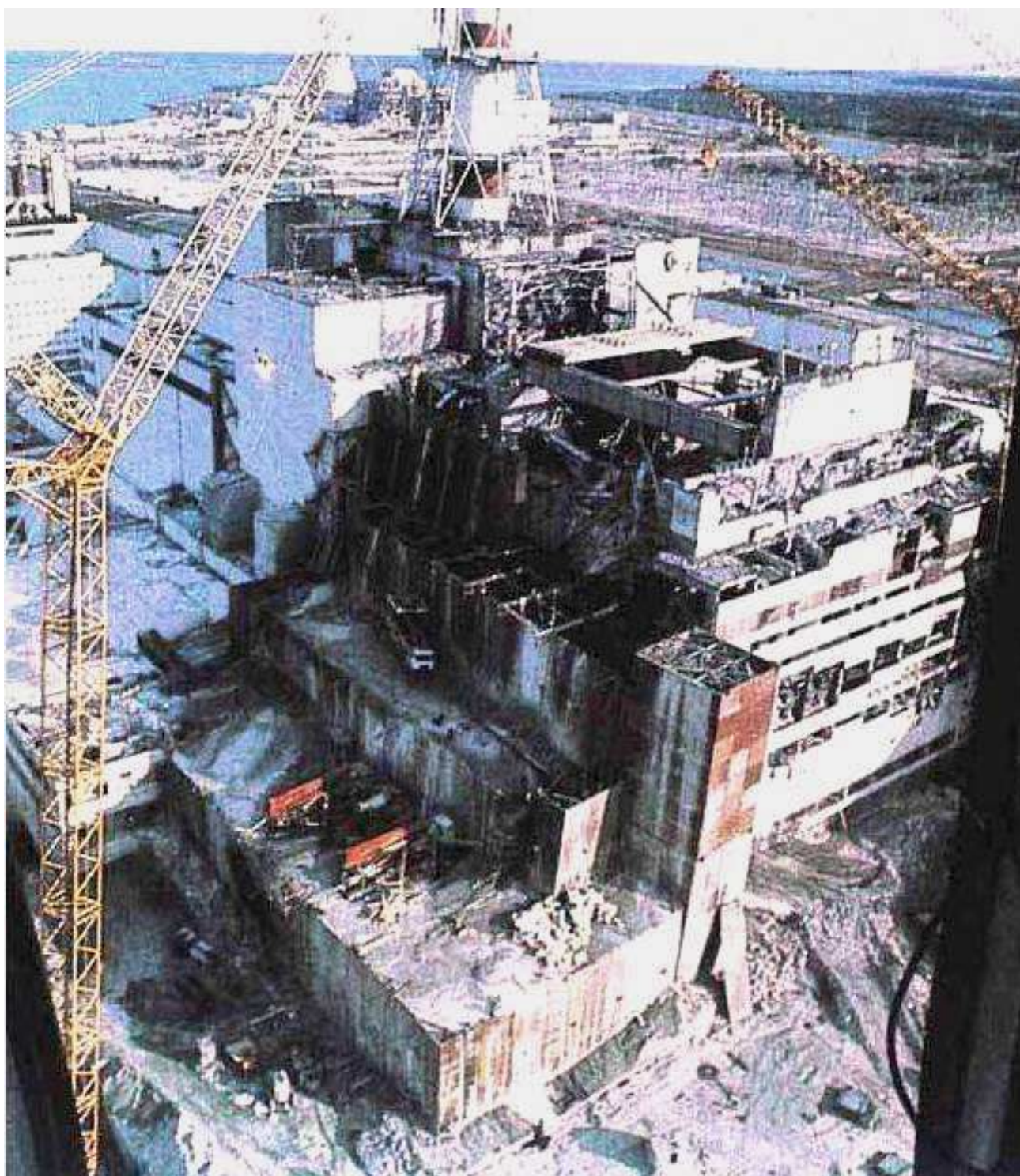


Рис. 3. Строительство объекта "Укрытие".

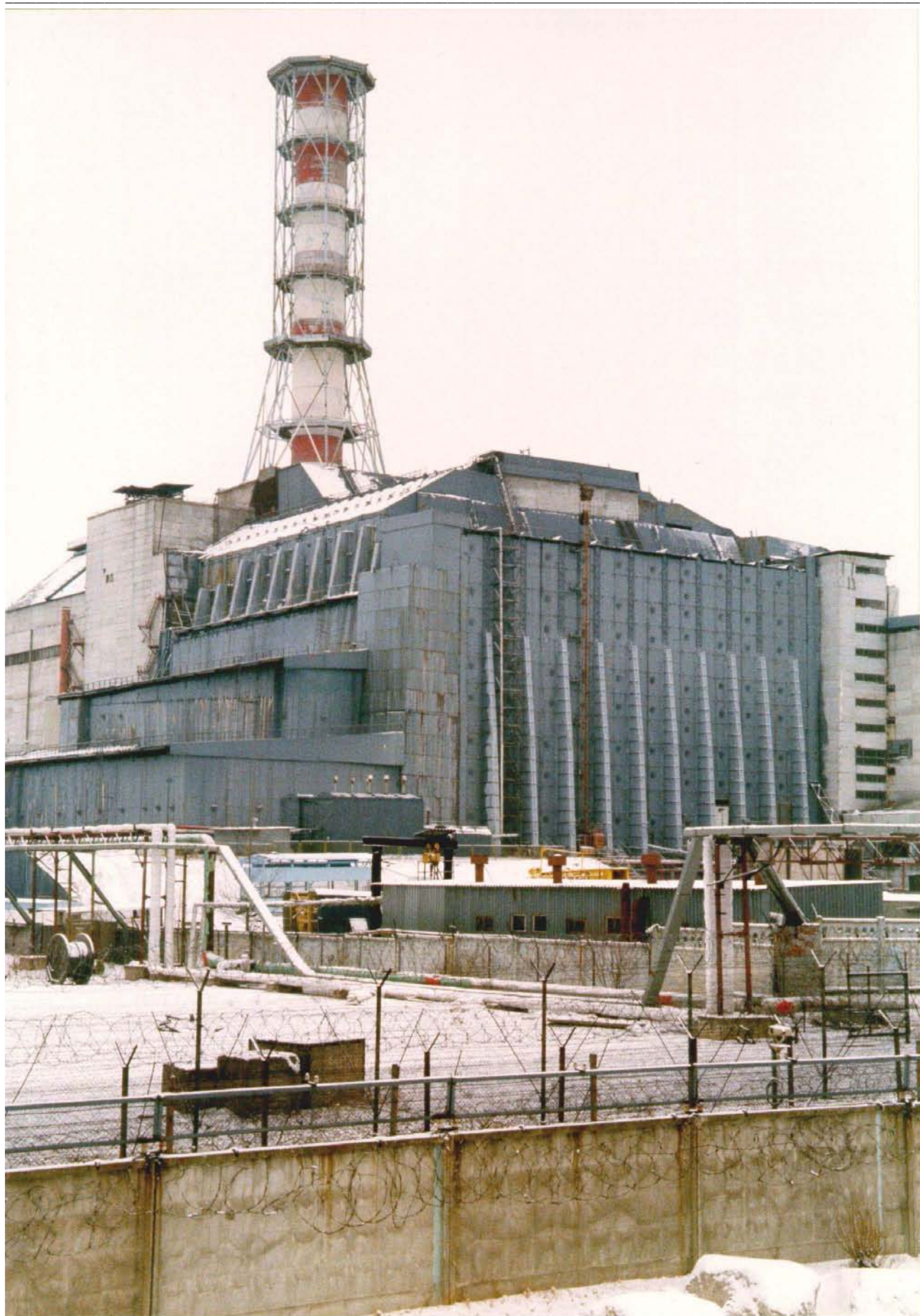


Рис. 4. Внешний вид объекта «Укрытие».

Распределение ядерного топлива перед аварией приведено в табл. 1.

**Таблица 1. Расположение и количество ядерного топлива в помещениях реакторного отделения 4-го блока перед аварией**

Помещение	Технологическое назначение помещения	Количество ядерного топлива по урану, т
504/2	Шахта реактора	190,2*
505/3	Южный бассейн выдержки кассет	14,8**
914/2	ЦЗ	5,5**
503/2	Помещение подготовки свежего топлива	4,1**·***
Всего		214,6**

\* К моменту аварии активная зона реактора содержала 1659 тепловыделяющих сборок (ТВС), один дополнительный поглотитель и один незагруженный канал. Большая часть ТВС представляла собой кассеты первой загрузки с выгоранием 11 - 15 МВт · сут/кг урана. В зоне находилось и некоторое количество свежего топлива. Масса урана в каждой кассете составляла 0,1147 т. Полная масса топлива, загруженного в активную зону, составляла 190,2 т.

\*\* Данные взяты из “Справки о количестве ядерного топлива на энергоблоке № 4 ЧАЭС в момент аварии”, утвержденной главным инженером ПО ЧАЭС 30 января 1996 г. При этом данные о количестве топлива в бассейне выдержки приводятся на основе журнала учета ОЯБ и КН, а в ЦЗ и помещении 503/2 на основе «Акта на списание свежего ядерного топлива с 4 блока от 26.04.86 г.».

\*\*\* Ядерное топливо из помещения подготовки (помещение 503/2) было вывезено в 1986 г. (после аварии) на склад свежего топлива ЧАЭС.

## 2.2. Топливосодержащие материалы (ТСМ), находящиеся в помещениях объекта "Укрытие" в настоящее время

В настоящее время внутри объекта «Укрытие» находятся модификации ядерного топлива, которые образовались в процессе протекания активной стадии аварии при взаимодействии этого топлива с конструкционными материалами, динамическом и тепловом воздействии взрыва, а также окислении диоксида урана при контакте с кислородом воздуха до и после горения реактора. К таким модификациям относятся:

### 2.2.1. Фрагменты активной зоны

В процессе ликвидации последствий аварии часть фрагментов активной зоны (АЗФ), представляющие собой топливные таблетки, обломки твэлов, ТВС, графита, находящихся вокруг здания, была сдвинута к развалу и затем захоронена в каскадной стене, часть собрана



в контейнеры с высокоактивными отходами, часть захоронена под слоем бетона и щебня, насыпанного около блока. Разрушенное топливо, выброшенное на крыши зданий и площадки трубы, сбрасывалось в развал реактора (рис. 5).

Значительное количество АЗФ должно находиться в ЦЗ и помещении 305/2.

Рис. 5. Помещение 305/2. Юго-восточный сектор. АЗФ.

### 2.2.2. Лавообразные ТСМ

Лавообразные ТСМ (ЛТСМ), содержащие ядерное топливо, были обнаружены во многих подреакторных помещениях (рис. 6 и 7). В их составе содержалась значительная часть урана, находившегося до аварии в активной зоне, и значительная часть радионуклидов, которые были наработаны в реакторе.



Рис. 6. Лава в паросбросном клапане парораспределительного коридора (ПРК).



Рис. 7. Лава в ББ-1 (бассейне-барботере).

ЛТСМ представляют собой гетерогенный твердый раствор, «растворителем» которого является стеклообразная силикатная матрица с большим количеством разнообразных включений, среди которых установлены оксиды урана, уран-цирконий-кислородная фаза (так называемый чернобылит) и металлические глобулы.

Процентное содержание урана в ЛТСМ колеблется от 5 до 10 %.

Сценарий образования ТСМ и их физико-химические свойства подробно освещены в работе [1].

### 2.2.3. Общее количество ядерного топлива в различных помещениях объекта «Укрытие»

Интегральная оценка количества ядерного топлива в различных помещениях объекта «Укрытие» в настоящее время представлена в табл. 2.

Таблица 2. Оценки количества топлива в помещениях объекта «Укрытие»

Название (номера) помещений	Модификации ТСМ в помещении	Обнаруженное топливо, т урана (оценки на 2004 г.)	Примечания
ЦЗ (914/2)	АЗФ	более 21	С учетом 48 сборок со свежим топливом (5,5 т) Возможно присутствие ЛТСМ
Южный бассейн выдержки (505/3)	АЗФ	14,8	129 кассет с отработанным топливом Возможно присутствие ЛТСМ
Все верхние помещения, включая ЦЗ (отметка +24.00 и выше)	Топливная пыль	~5 на поверхности завала в ЦЗ, ~30 всего	Оценка 30 т включает поверхностное загрязнение внутри завала в ЦЗ и во всех других помещениях
304/3	ЛТСМ	$6 \pm 2$	«Горизонтальный поток». Учтены ТСМ в проломе между помещениями 304/3 и 305/2.
301/5+301/6+303/3	ЛТСМ	$4,5 \pm 2,5$	«Горизонтальный поток»
217/2	ЛТСМ	$0,4 \pm 0,2$	«Слоновья нога», «сталактиты». ЛТСМ попали из «горизонтального потока»
Подапаратные 305/2 и 504/2 до отметки 24 м	АЗФ, ЛТСМ, пыль	$85 \pm 25$	Расчеты велись по шести скоплениям ТСМ. Начало всех потоков ЛТСМ
ПРК (210/5+210/6+210/7)	ЛТСМ	$12 \pm 6$	«Большой вертикальный поток» и «малый вертикальный поток»
ББ-2 (012/14+012/15+012/16)	ЛТСМ	минимум - 3, максимум - 14	
ББ-1 (012/5+012/6+012/7)	ЛТСМ	1,9 (+1,0; -0,5)	
Топливо под каскадной стеной	АЗФ, пыль	?	
Вода во всех помещениях реакторного отделения	Растворимые соли урана, взвесь.	~4 кг	
Топливо на площадке объекта «Укрытие»	АЗФ, пыль	$0,75 \pm 0,25$	

Удельная активность некоторых излучателей для базового состава топлива 4-го энергоблока на 1 февраля 2005 г. представлена в табл. 3

Таблица 3. Удельная активность, Бк/г урана

Альфа-излучатели	Бета-излучатели	Бета-гамма-излучатели
$^{238}\text{Pu} - 6,7 \cdot 10^6$	$\text{Sr-90} - 7,60 \cdot 10^8$	$^{106}\text{Rh} - 1,29 \cdot 10^4$
$^{239}\text{Pu} - 5,0 \cdot 10^6$	$\text{Y-90} - 7,60 \cdot 10^8$	$^{125}\text{Sb} - 7,12 \cdot 10^5$
$^{240}\text{Pu} - 8,19 \cdot 10^6$	$\text{Ru-106} - 1,29 \cdot 10^4$	$^{134}\text{Cs} - 1,61 \cdot 10^6$
$^{242}\text{Pu} - 1,30 \cdot 10^4$	$\text{Pm-147} - 2,65 \cdot 10^7$	$^{137}\text{Cs} - 9,09 \cdot 10^8$
$^{241}\text{Am} - 1,95 \cdot 10^7$	$\text{Pu-241} - 3,89 \cdot 10^8$	$^{144}\text{Ce} - 1,20 \cdot 10^3$
$^{243}\text{Am} - 8,73 \cdot 10^3$		$^{154}\text{Eu} - 1,64 \cdot 10^7$
$^{244}\text{Cm} - 1,07 \cdot 10^6$		$^{155}\text{Eu} - 4,45 \cdot 10^6$
В сумме $\approx 80$ Ки/кг урана		



Таким образом, общая активность топлива, находящегося в объекте «Укрытие» на сегодняшний день, составляет примерно 14 МКи.

#### 2.2.4. Возможные изменения характеристик ТСМ

Основным источником поступления радионуклидов в окружающую среду и, следовательно, основным источником радиологической опасности объекта «Укрытие» являются ТСМ. В связи с этим особую актуальность приобретает вопрос о возможной деструкции ТСМ в течение обозримого (30 - 50 лет) промежутка времени.

Хорошо известно, что таблетки  $UO_2$ , находящиеся на воздухе, разрушаются примерно через 20 лет [2]. Однако для объекта «Укрытие» наиболее значимым может быть разрушение ЛТСМ в связи с тем, что основное количество радионуклидов находится в этом виде ТСМ.

В настоящее время в ЛТСМ наблюдаются явные изменения прочностных свойств, проявляющиеся в их растрескивании, разрушении крупных фрагментов ЛТСМ, усилении пылегенерирующей способности [3, 4]. Таким образом, актуальным становится вопрос, какие же существенные изменения могут претерпеть ЛТСМ в течение достаточно длительного периода времени, например в течение ближайших 50 лет. К сожалению, общепризнанной модели ЛТСМ с точки зрения прогнозирования изменения их характеристик с течением времени до настоящего времени не существует. Более того, существуют два кардинально отличающихся подхода [5, 6]. В [3, 5] а priori предполагается, что ЛТСМ по своим характеристикам аналогичны силикатным стеклам, используемым для иммобилизации РАО, и, исходя из этого, делается вывод о том, что радиационные повреждения, вызываемые альфа-распадом, начнут сказываться на изменении прочностных свойств ЛТСМ не ранее чем через 10 000 лет. Основными причинами видимых изменений в ЛТСМ авторы считают перепады температур, взаимодействие с водой, пылеподавляющими составами и т.д., т.е. внешними воздействиями.

В работе [6] рассмотрены основные характеристики ЛТСМ и влияние на них факторов, обуславливающих изменение свойств ЛТСМ с течением времени. Основной вывод заключается в том, что вследствие внутреннего самооблучения при альфа-распаде трансураниевых изотопов возникают разупорядоченные области, создаваемые ядрами отдачи. Рост концентрации разупорядоченных областей (являющихся источником зарождения микротрещин) может привести к внезапному полному разрушению ЛТСМ, причем такое катастрофическое разрушение может произойти в течение ближайших 50 лет.

Кроме того, в [4, 7, 8] показано, что на поверхности ЛТСМ и облученного ядерного топлива генерируются субмикронные аэрозоли, представляющие серьезную радиационную опасность. Механизмом, ответственным за это явление в ЛТСМ, может быть кулоновский взрыв, реализующийся при торможении альфа-частиц.

Несмотря на значительное количество проведенных исследований, обоснованного прогноза поведения ТСМ до настоящего времени не существует. Таким образом, представляется совершенно необходимым проведение дополнительных исследований в этом направлении.

### 3. Вода, находящаяся в помещениях объекта "Укрытие"

Одним из основных источников радиационной опасности в объекте является вода. Вода влияет на состояние ядерной безопасности, приводя к изменению размножающих систем «ТСМ + вода». Вода при взаимодействии с ТСМ растворяет и переносит радионуклиды, которые в итоге могут попасть в окружающую среду.

Вода, поступающая в объект "Укрытие" в виде атмосферных осадков, конденсата и пылеподавляющих растворов, по мере движения от верхних отметок к помещениям на нижних отметках объекта "Укрытие" омывает скопления ТСМ и загрязненные поверхности конструктивных материалов. В результате этих процессов образуются высокоактивные

щелочно-карбонатные растворы, фактически представляющие собой жидкие радиоактивные отходы (ЖРО). Протечки ЖРО образуют постоянные и временные скопления ЖРО на нижних отметках блока. Установлено, что между многими скоплениями ЖРО существует гидравлические связи.

**Северный поток ЖРО**, расход которого составляет 700 - 800 м<sup>3</sup>/год, проходит через помещение 001/3, где локализовано наиболее крупное скопление ЖРО (рис. 8, точка 30). В этом помещении собираются многочисленные протечки из центральной и северной частей блоков Б и ВСРО, а также со стороны каскадной стены. Далее поток ЖРО объекта "Укрытие" просачивается через разделительную стену в помещения ВСРО 3-го блока и в конечном итоге поступает в приямок помещения 0005 (см. рис. 8, точка 111). По мере заполнения приямка ЖРО откачиваются в химцех ЧАЭС для временного хранения и переработки. Фактически северный поток ЖРО представляет собой естественным образом «усредненные» протечки из центральной и северной частей блоков Б и ВСРО.

**Южный поток ЖРО**, расход которого не превышает 300 м<sup>3</sup>/год проходит через помещения 017/2 и 061/2 и образует в южной части этих помещений достаточно крупные скопления (см. рис. 8, точка 18). Уровень воды в этом помещении постоянный – при интенсивном притоке избыток воды перетекает через порог в помещение 018/2, где расположены трапы спецканализации, или просачивается в помещение 025/2. В помещении 061/2 уровень воды зависит от сезона – в период конденсации уровень повышается, в сухой период в результате испарения понижается. Направления утечки ЖРО из этих помещений не определены.

**Радионуклидный и химический состав ЖРО.** Радионуклидный состав ЖРО на нижних отметках блока формируется в результате взаимодействия атмосферных осадков, конденсационной влаги и техногенных растворов со следующими модификациями ядерного топлива, образовавшимися во время аварии:

- «горячие» частицы конденсационного типа;
- диспергированное топливо в виде UO<sub>2</sub> и U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>;
- ЛТСМ.

"Горячие" частицы аэрозольно-конденсационного типа в значительной степени определяют уровень поверхностного загрязнения внутренних помещений объекта "Укрытие", причем наибольший вклад в активность в настоящее время вносят изотопы <sup>137</sup>Cs и <sup>125</sup>Sb. В результате растворения этих частиц происходит загрязнение воды изотопами цезия. Основным источником загрязнения «блочной» воды делящимися элементами и <sup>90</sup>Sr являются окисленные топливные частицы (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>). Химическая устойчивость окисленных частиц по отношению к воде ниже, чем исходного топлива (UO<sub>2</sub>) и, тем более, ЛТСМ.

Атмосферные осадки, техногенные растворы и конденсат в процессе движения от верхних отметок к нижним выщелачивают наиболее растворимые компоненты бетона – карбонаты, бикарбонаты, хлориды и сульфаты щелочных металлов. Тяжелые металлы переходят в раствор за счет коррозии металлоконструкций. В результате этих процессов и происходит формирование радионуклидного, химического и фазового состава «блочной» воды. Усредненный радионуклидный состав и активность основных водных скоплений и потоков объекта «Укрытие» приведен в табл. 4. Часть этой активности концентрируется в илистых отложениях и по мере высыхания в летне-осенний период представляет угрозу как источник аэрозолей.

Радионуклиды внутри объекта «Укрытие» переносятся не только в растворимых формах. Исследования фазового распределения активности методом ультрафильтрации и обратного осмоса показали, что значительная доля активности ЖРО сосредоточена на мелкодисперсных частицах и коллоидах [9]. Частицы твердой фазы, попадая в водные скопления на нижних отметках блока, осаждаются и образуют донные отложения. К примеру, объем донных отложений в помещении 001/3 достигает 100 м<sup>3</sup> с суммарной массой около 150 т [10], при этом валовое количество <sup>239</sup>Pu составляет 430 г, а <sup>235</sup>U – 860 г.

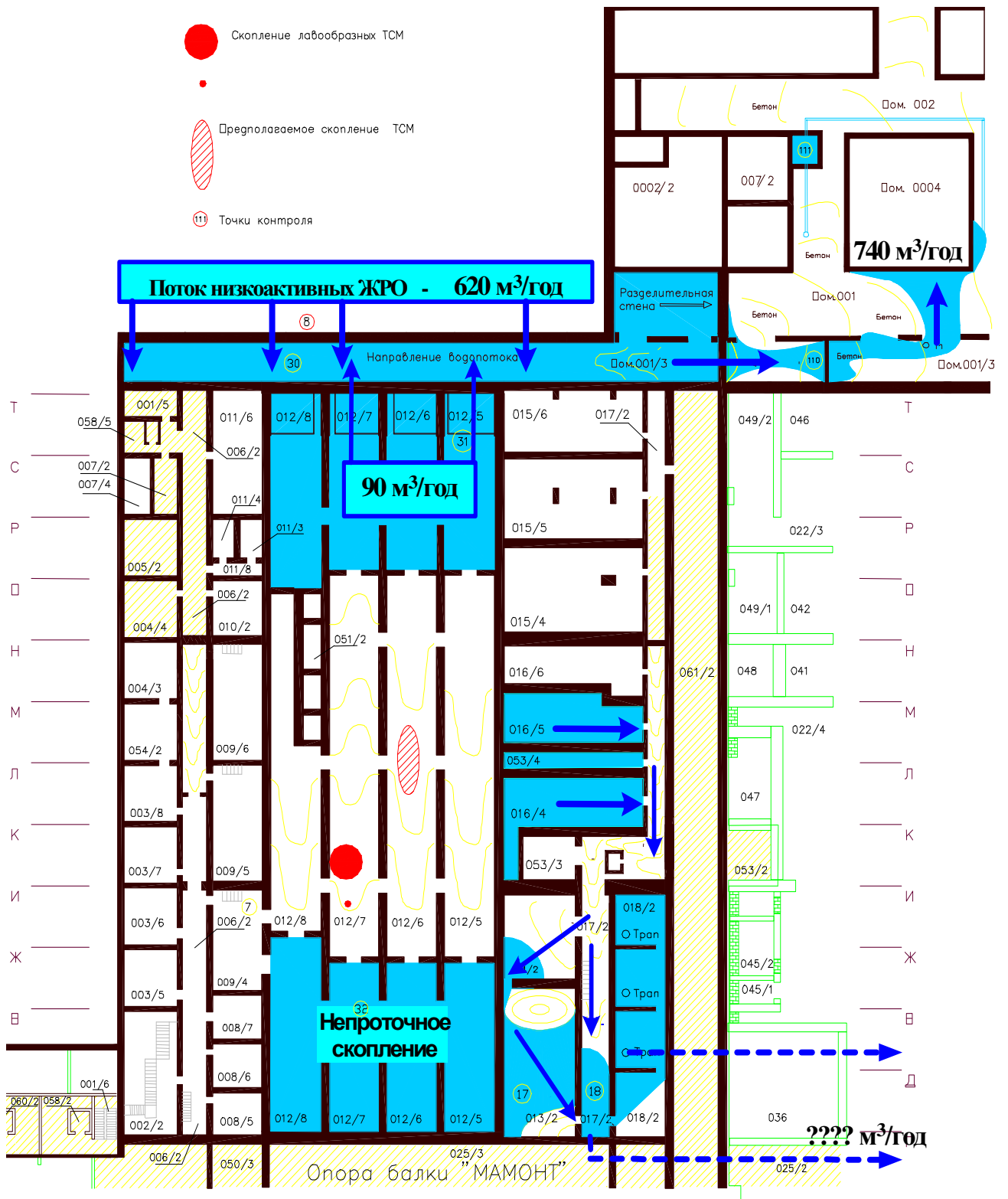


Рис. 8. Скопления и потоки ЖРО объекта "Укрытие" в помещениях ББ (отметка -0.650) и блока ВСРО (отметки -2.600 и +6.000).

Таблица 4. Средние концентрации радионуклидов и урана в основных скоплениях ЖРО объекта "Укрытие"

Номер точки	Отметка, м	Номер помещения	Объем, м <sup>3</sup>	Концентрация компонента, Бк/л				
				<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	Σ Pu	<sup>241</sup> Am	ΣU, мг/л
6	+ 2.20	012/16	60 м <sup>3</sup>	$6.2 \cdot 10^7$	$9.9 \cdot 10^6$	4000	$1.7 \cdot 10^4$	48
-	+ 6.00	219/2	10 м <sup>3</sup>	$4.0 \cdot 10^6$	$1.0 \cdot 10^5$	-	-	1.1
17	- 0.65	017/2	7 м <sup>3</sup>	$5.0 \cdot 10^6$	$1.0 \cdot 10^5$	-	-	8.9
18	- 0.65	013/2	20 м <sup>3</sup>	$4.0 \cdot 10^6$	$0.8 \cdot 10^5$	-	-	1.1
30	- 2.60	001/3	270 м <sup>3</sup>	$5.2 \cdot 10^6$	$1.0 \cdot 10^6$	360	$4.0 \cdot 10^3$	3.6
31	- 0.65	012/5	20 м <sup>3</sup>	$6.1 \cdot 10^7$	$8.9 \cdot 10^6$	3100	$1.3 \cdot 10^4$	43
32	- 0.65	012/7	10 м <sup>3</sup>	$1.3 \cdot 10^8$	$2.2 \cdot 10^6$	4200	$2.8 \cdot 10^4$	110
111	- 6.00	0005	5 м <sup>3</sup>	$6.8 \cdot 10^6$	$1.0 \cdot 10^6$	1600	$2.0 \cdot 10^3$	5.7

Результаты многолетних наблюдений показывают, что, например, в ЖРО из ПРК (т. 20, помещение 01/3, труба из ПРК), начиная с 2003 г. наблюдается существенное увеличение объемной активности радионуклидов, включая трансурановые элементы (ТУЭ), а также концентрации урана (рис. 9–12).

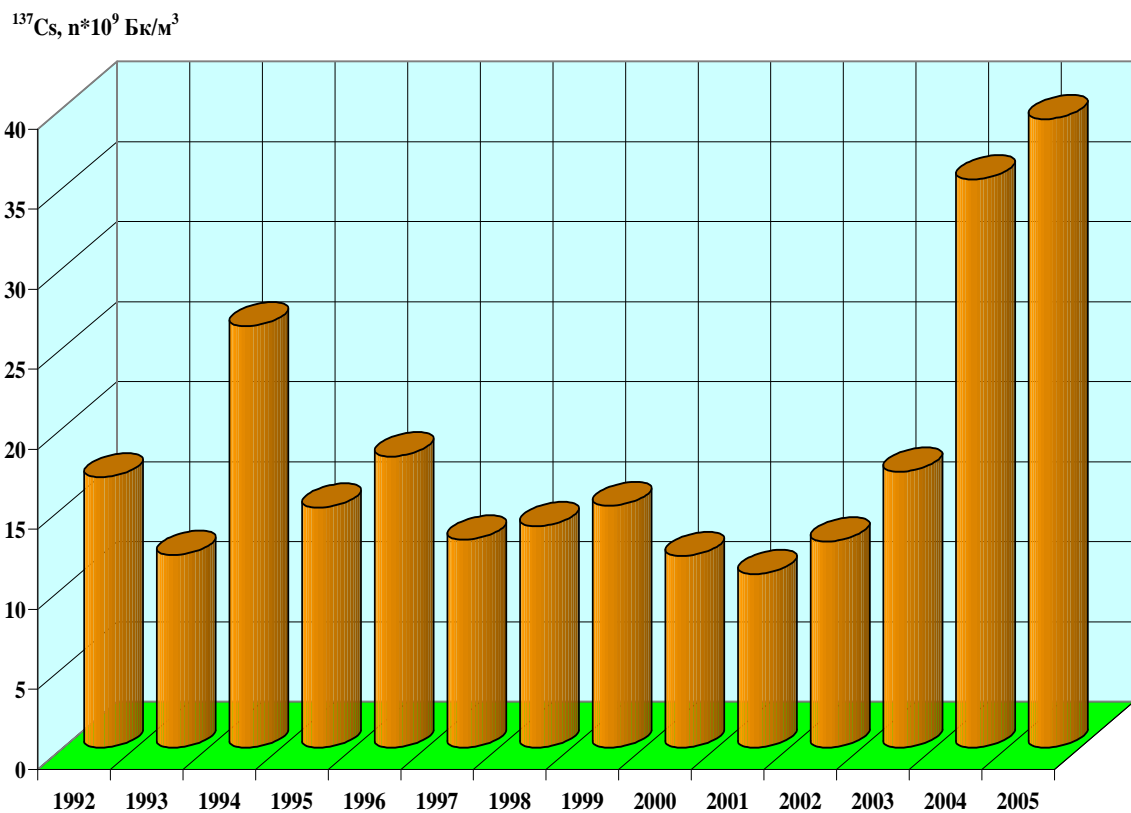


Рис. 9. Динамика среднегодовой объемной активности <sup>137</sup>Cs в т. 20.

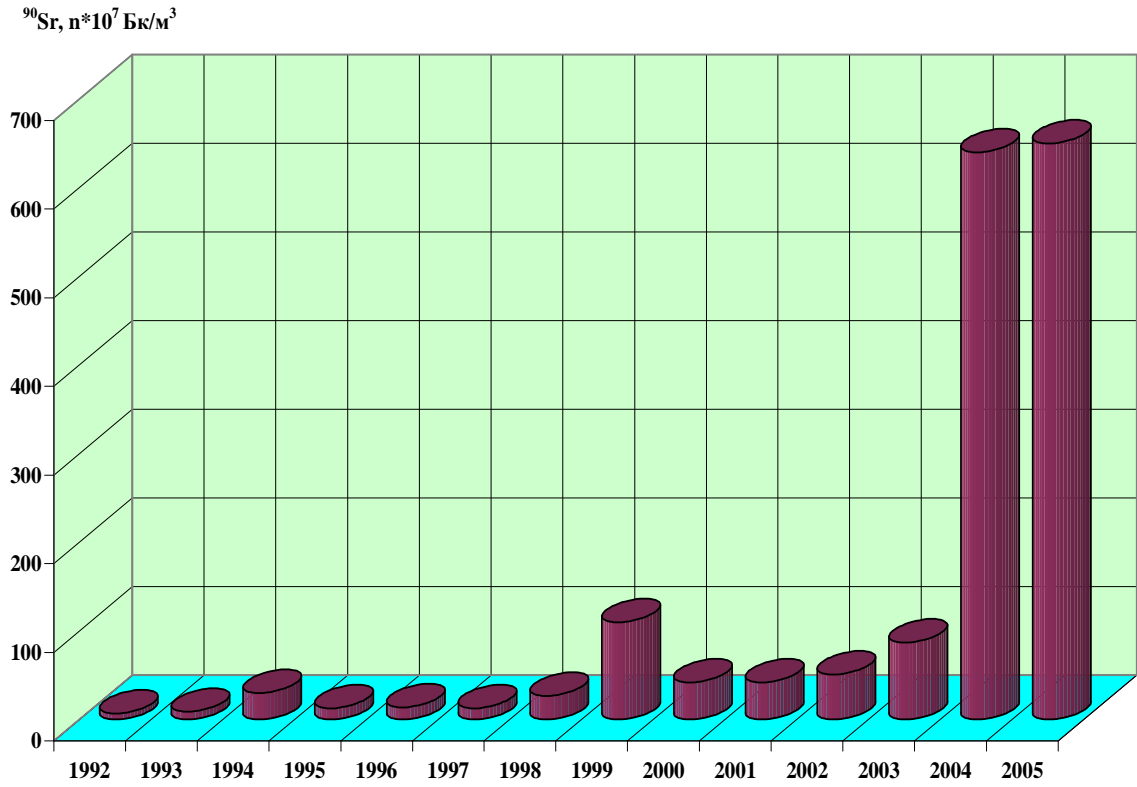


Рис. 10. Динамика среднегодовой объемной активности  $^{90}\text{Sr}$  в т. 20.

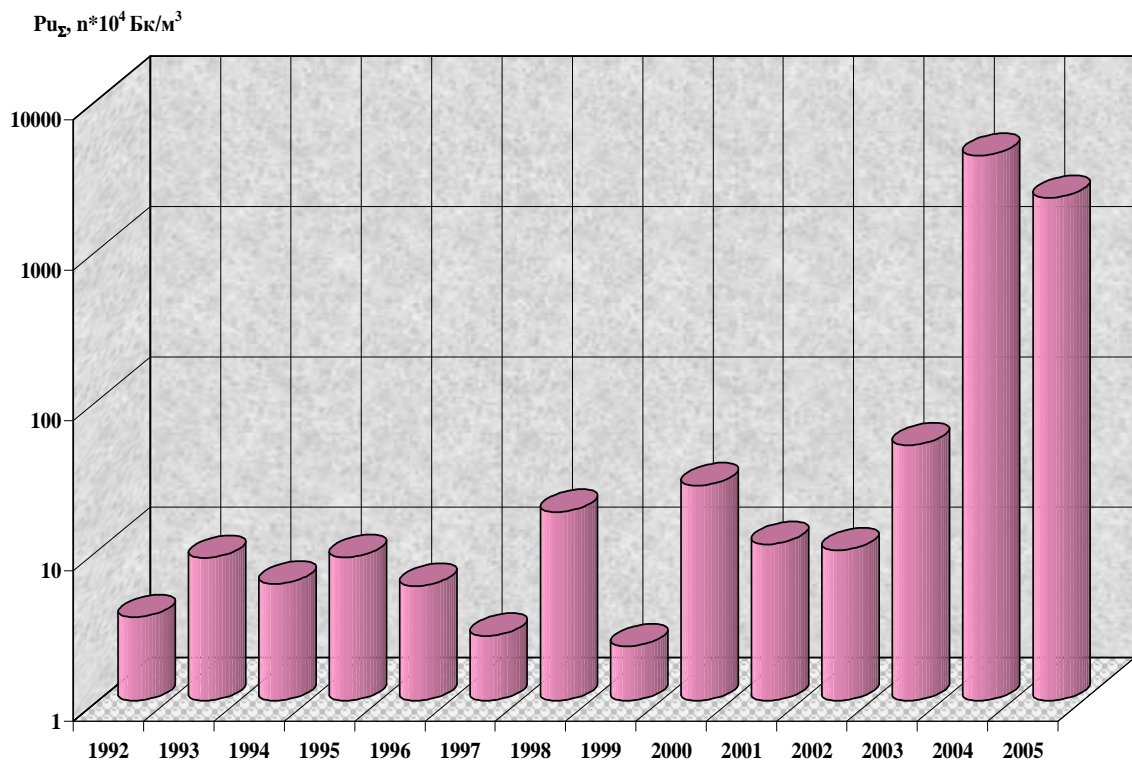


Рис. 11. Динамика среднегодовой объемной активности плутония в т. 20.

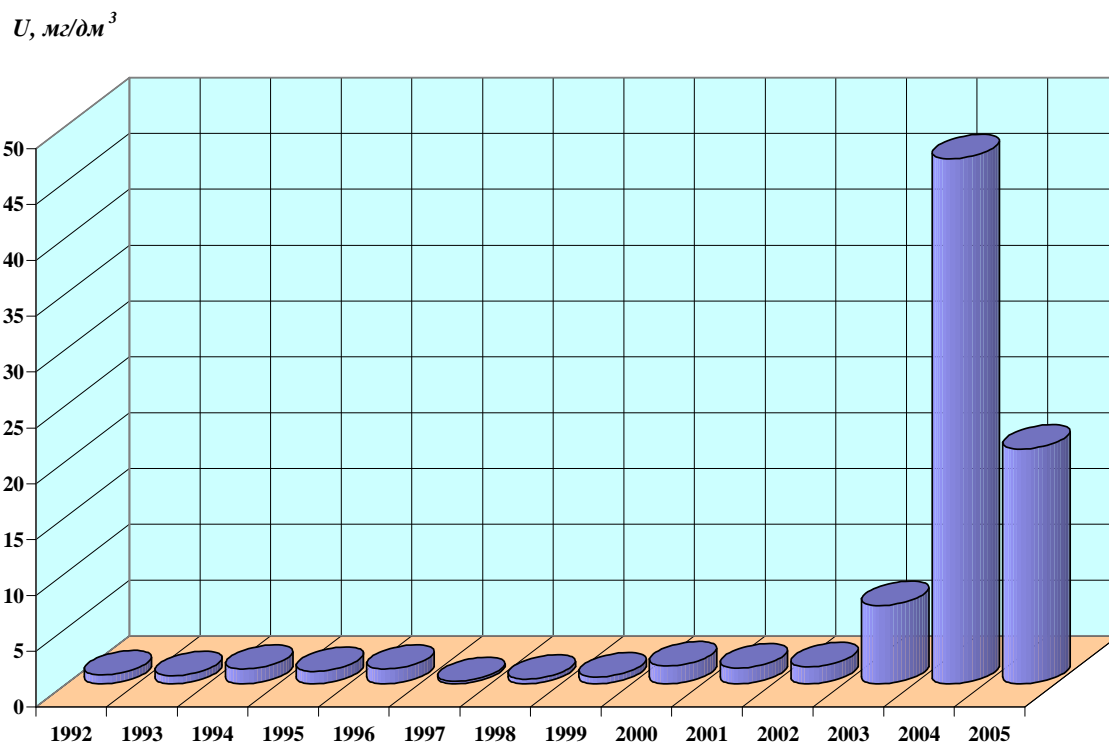


Рис. 12. Динамика среднегодовой концентрации урана в т. 20.

Причина повышения концентрации урана, продуктов деления и ТУЭ в ЖРО из ПРК, возможно, кроется в техногенном воздействии модернизированной системы пылеподавления, начиная с конца 2003 г., на ТСМ в ЦЗ. С другой стороны, не исключается возможность разрушения ЛТСМ и как следствие повышение выщелачиваемости радионуклидов и урана водными протечками. Какова бы ни была возможная причина повышения активности ЖРО из ПРК, это явление тем не менее требует немедленного и тщательного исследования.

#### 4. Топливо на промплощадке объекта "Укрытие"

В ходе аварии и работ по ликвидации ее последствий на площадке вокруг 4-го блока ЧАЭС образовался слой грунта, загрязненный выброшенной радиоактивностью. Его удалось удалить лишь частично, а активный грунт был покрыт чистыми материалами. В результате образовался своеобразный «сэндвич», в котором материалы располагались в следующем порядке (из глубины к поверхности):

*первоначальный грунт (доаварийный) – активный слой – материалы покрытия.*

Изучение активного слоя представляется важным по нескольким причинам:

в нем может содержаться значительное количество топлива;

перемещение активного слоя под действием природных факторов может привести к загрязнению грунтовых вод;

преобразование объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему потребует проведения работ на его промплощадке, при которых будет затронут активный слой; поэтому необходимо иметь о нем максимально полную информацию.

Как показывает анализ новых данных, толщина активного слоя в локальной зоне лежит преимущественно в пределах 10 - 30 см, а его объем оценивается (по порядку величины) в 15000 м<sup>3</sup>.

Используя данные исследований с помощью скважин, предлагается принять в качестве экспертной оценки, что количество топлива в локальной зоне составляет  $(0,75 \pm 0,25)$  т.

## 5. Радиоактивные аэрозоли объекта "Укрытие"

Воздушная миграция радионуклидов из объекта «Укрытие» является одним из основных источников загрязнения внешней среды при нормальной эксплуатации и, особенно, при авариях.

Радиоактивные частицы, находящиеся в объекте «Укрытие», можно (очень грубо) разделить на два типа – конденсационные и топливные.

Первый тип частиц образовался во время активной стадии аварии в результате испарения радионуклидов, имевших относительно низкие температуры кипения и сконденсировавшихся на частицах пыли, сажи, графита, строительных конструкциях и т.д.

Второй тип частиц – это топливные частицы, образовавшиеся в процессе диспергирования топлива и содержащие изотопы плутония, америция, кюрия. Их удобно разделить на два подтипа: это «крупные» топливные частицы с размерами десятки и сотни микрон и «малые» топливные частицы со средним медианным диаметром 3 - 4 мкм.

Наиболее опасными с точки зрения радиационной безопасности являются «малые» топливные частицы, концентрация которых при выполнении работ в помещениях объекта «Укрытие» может достигать  $10^4$  допустимых концентраций.

С целью уменьшения концентрации аэрозолей в объекте «Укрытие» и их выноса в атмосферу в конце 1989 г. была введена в эксплуатацию стационарная система пылеподавления (СПП), которая включает систему приготовления и подачи пылеподавляющих составов через 14 форсунок, расположенных над поверхностью «развала» ЦЗ. С декабря 1989 г. по настоящее время нанесено более 1000 т пылеподавляющих составов, что позволило значительно уменьшить и стабилизировать вынос аэрозолей из объекта «Укрытие» (рис. 13). Для повышения эффективности штатной СПП была проведена ее модернизация, которая включала монтаж двух дополнительных коллекторов и 35 форсунок, охватывающих периметр подкровельного пространства и пространство между западной стеной 4-го блока и контрфорсной стеной (рис. 14).

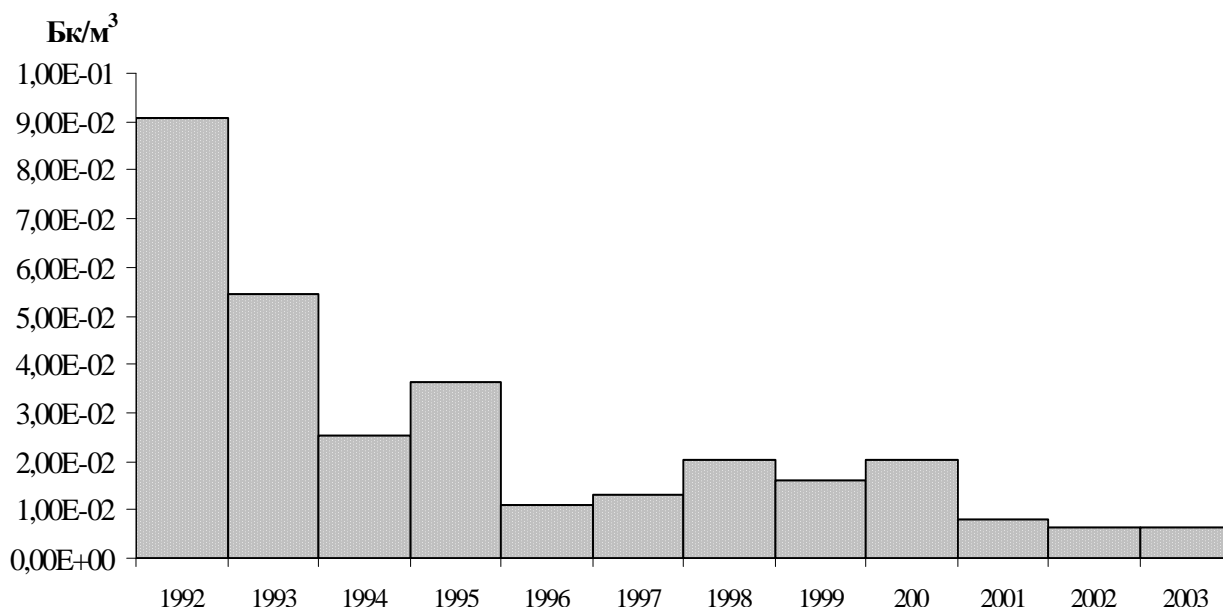


Рис. 13. Оценки среднегодовой объемной суммарной альфа- и бета-активности в аэрозолях приземного воздуха локальной зоны объекта "Укрытие" по данным аспирационных установок.

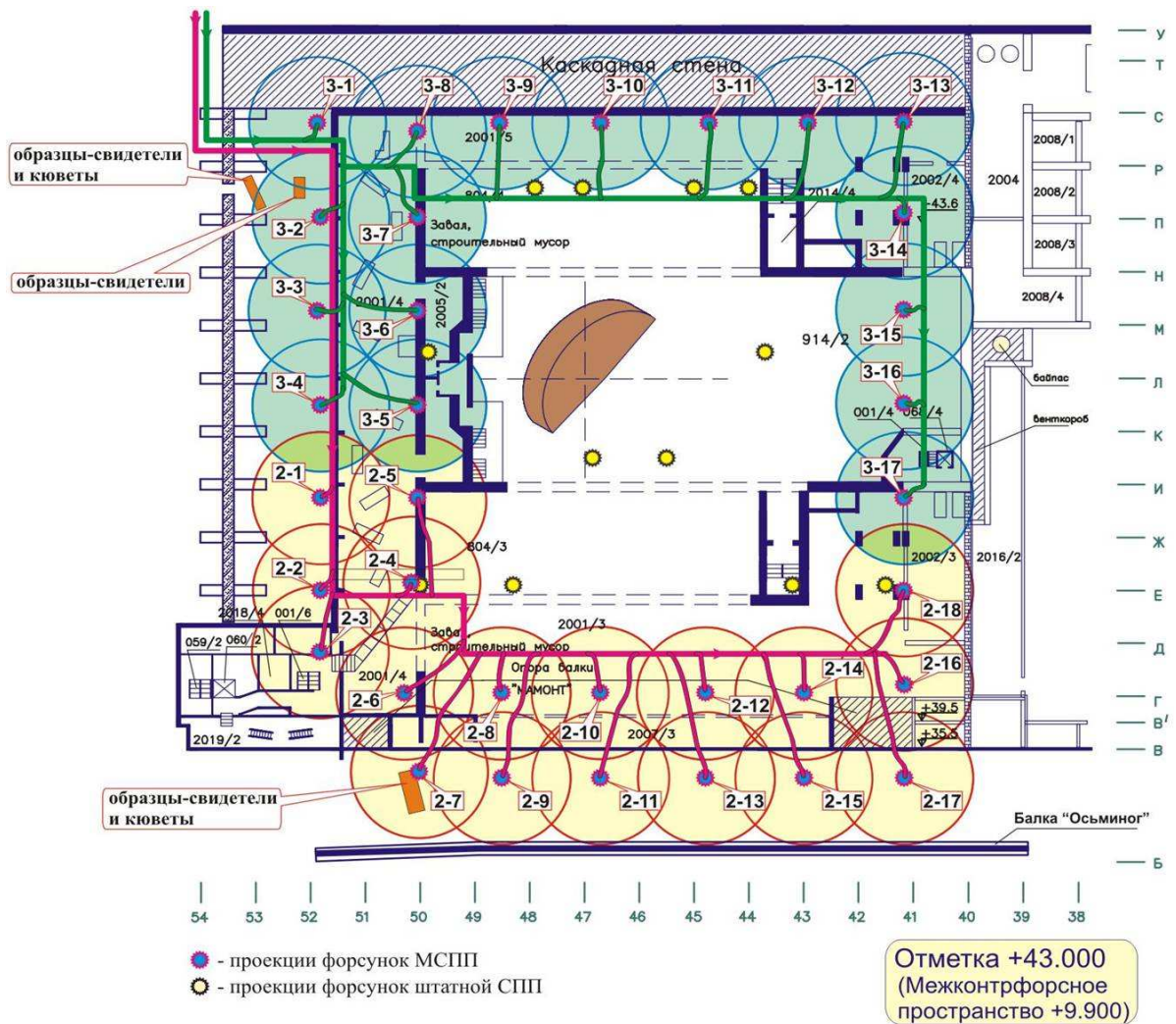


Рис. 14. Схема расположения коллекторов и зоны охвата модернизированной СПП.

### 6. Системы контроля ядерной безопасности

Полученная к настоящему времени экспериментальная информация о распределении, конфигурации и составе отработавшего и свежего ядерного топлива по отдельным помещениям объекта «Укрытие» не обладает точностью, достаточной для обоснованного прогноза ядерной безопасности.

В сложившихся условиях, с точки зрения обеспечения ядерной безопасности, объект "Укрытие" представляет пространственно распределенное неуправляемое скопление ядерно-опасных делящихся материалов без средств аварийной защиты.

В сложившемся реальном состоянии ТСМ, при отсутствии замедлителя, подкритичны. Однако не исключено возникновение самоподдерживающейся цепной реакции (СЦР) деления при заливе водой ТСМ с достаточно большой гетерогенностью топлива.

Для контроля ядерной безопасности объекта "Укрытие" в настоящее время используются показания следующих систем:

информационно-измерительной системы (ИИС) "Финиш-Р", которая контролирует состояние ТСМ (теплофизические и ядерно-физические параметры);

системы контроля ТСМ (СК ТСМ) "Сигнал".

Такая конфигурация сложилась относительно недавно. Комплекс "Финиш-Р" образован как самостоятельная система после выделения в декабре 1998 г. из состава исследовательской системы "Финиш". Для него была разработана необходимая эксплуатационная документация и проведена метрологическая аттестация измерительных каналов и технических средств.



СК ТСМ “Сигнал” с 1998 г. была введена в опытно-промышленную эксплуатацию. По ее результатам система была признана соответствующей технической документации и переведена в режим штатной эксплуатации (техническое решение ПО ЧАЭС от 26 марта 2000 г.).

## 7. Радиационные параметры объекта “Укрытие”

### 7.1. Общая характеристика радиационного состояния помещений объекта

Мощности экспозиционной дозы (МЭД) во внутренних помещениях и на кровлях объекта “Укрытие” лежат в очень широких пределах. Поэтому возникает необходимость ввести специальную классификацию производственных, административных, складских и других помещений и территорий – разбить их на зоны по степени радиационной опасности.

Такая классификация осуществлена в документе “Положение о зональности помещений объекта “Укрытие” (2003 г.)

В этом документе вводится понятие “подзона” и все помещения делятся на три группы, в зависимости от величины МЭД в них:

1-я подзона - необслуживаемые помещения; МЭД гамма-излучения > 3,3 мР/ч;

2-я подзона - помещения периодического пребывания персонала, МЭД гамма-излучения 3,3 - 1,6 мР/ч;

3-я подзона - помещения постоянного пребывания персонала; МЭД гамма-излучения < 1,6 мР/ч.

К настоящему времени распределение помещений объекта «Укрытие» по величине МЭД выглядит следующим образом (табл. 5, составленная на основании “Положения о зональности...»).

Из таблицы следует, что в большинстве доступных помещений реакторного блока Б средняя величина МЭД гамма-излучения не превышает 1 Р/ч. Так, внутри более 60 из них МЭД ниже 0,5 Р/ч.

Таблица 5. Распределение обследованных помещений «Укрытия» по уровню МЭД

Радиационная обстановка, Р/ч	Блоки				
	Блок Б	Блок В	Блок ВСПО	Блок Г (А - Б)	Блок Г (Б - Г)
до 0,5	66	17	59	59	140
0,5 – 1	13				1
1 - 5	70			6	1
5 - 10	7			1	
10 – 50	14				
50 – 100	7				
100 – 500	4				
> 500	7				
Недоступные помещения	126		4	28	7

Исключение составляют те помещения, в которые попали ТСМ. Данные помещения характерны наличием неоднородного, с высокими градиентами МЭД, гамма-поля, определяемого пространственным расположением ТСМ в помещениях и содержанием в ТСМ урана

и продуктов его деления. Так, значения МЭД в помещении 305/2 - 1800 Р/ч (отметка +12.200, ряд И<sub>+1200</sub>, ось 46<sub>+2800</sub>) и 1 - 3 Р/ч (у проема северных откатных ворот). Пол помещения 304/3 полностью залит слоем ЛТСМ, значение МЭД в помещении 50 - 350 Р/ч. Значение МЭД на «куче» 1-го этажа ББ (помещение 012/7) примерно 400 Р/ч, в 10 м к северу – около 2 Р/ч. МЭД над открыто лежащими ЛТСМ помещения 210/6 ПРК (И<sub>+1500</sub>, 47<sub>-400</sub>) 300 Р/ч и 0,2 - 0,5 Р/ч над поверхностью бетона в северной части этого помещения. В ЦЗ в районе схемы «Е» на отметке +39.000 значение МЭД составляет 280 Р/ч, на отметке +49.000 - 30 Р/ч.

### 7.2. Радиационная обстановка на кровлях объекта "Укрытие"

После взрывов кровля над ЦЗ, помещениями южного и северного барабанов-сепараторов практически перестала существовать. На соседние кровли были выброшены многослойные АЗФ – части ТВС, графит, элементы металлических конструкций и т.п. Кроме того, на них попало значительное количество топливной пыли.

Непосредственно после сооружения объекта «Укрытие» радиационная обстановка на его кровлях определялась в основном гамма-излучением, проникающим из внутренних помещений и от загрязненных конструкций. Со временем произошло значительное уменьшение МЭД в результате естественного распада излучателей и большого комплекса дезактивационных работ, проведенных на кровлях.

Результаты измерения радиационной обстановки на кровлях, сделанные в июне 2000 г., иллюстрирует рис. 15.

### 7.3. Загрязненность поверхностей помещений и территории

Представление об общей загрязненности поверхностей в помещениях объекта "Укрытие", БК-3, ВСРО, а также дорог и тротуаров на территории промплощадки дает табл. 6.

Таблица 6. Загрязненность помещений и территории

Объект контроля	Альфа-агрязненность (снимаемая), част./( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ )		Бета-загрязненность (снимаемая), част./( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ )	
	факт	КУ	факт	КУ
Блок ВСРО (помещения постоянного пребывания персонала)	1	1	2÷3	100
БК-3 ("чистая")	0	0	0	0
БК-3 ("грязная")	0	1	0	100
Помещения периодического пребывания персонала (4-й блок)	0÷5	10	10÷150	500
Помещения постоянного пребывания персонала (4-й блок)	0÷1	5	10÷50	200
Территория (поверхности дорог и тротуаров внутри промплощадки)	0	1	20÷100	200

### 7.4. Радиационная обстановка на промплощадке

МЭД на территории вблизи объекта "Укрытие" определяется двумя факторами: гамма-излучением самого "Укрытия" и излучением радиоактивно загрязненных грунтов и объектов, расположенных на промплощадке объекта "Укрытие".

Самой загрязненной является территория в непосредственной близости от 4-го блока ЧАЭС, так называемая локальная зона объекта «Укрытие». Распределение МЭД в локальной зоне промплощадки объекта "Укрытие" приведено на рис. 16.

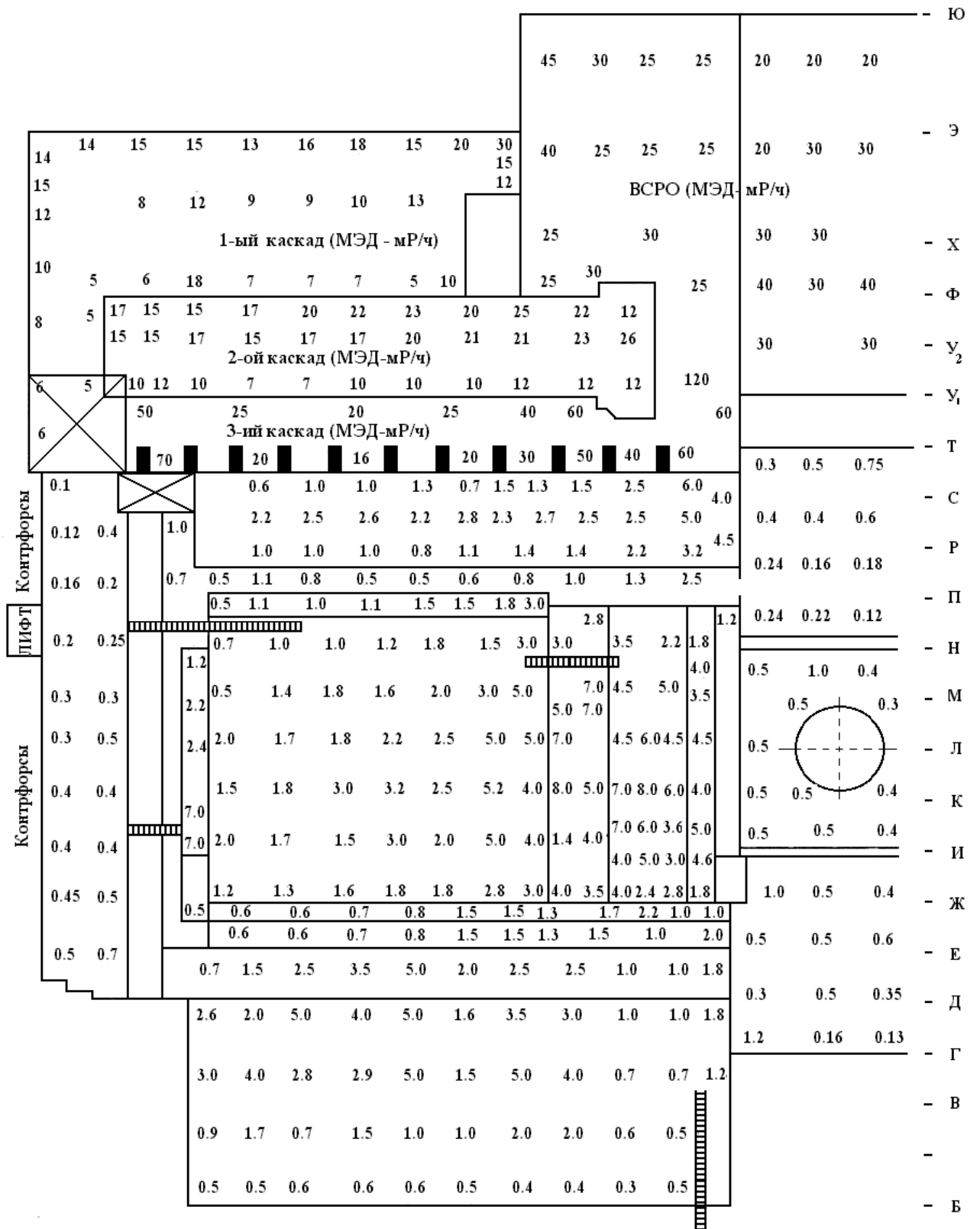


Рис. 15. Картограмма величин МЭД на кровлях объекта “Укрытие” в осях 35 - 54, рядах Б - Ю, МЭД, Р/ч (уступы каскадной стены и кровли блока ВСПРО, мР/ч). Измерения проведены в июне 2000 г.



Влияние объекта "Укрытие" на объемное распределение МЭД над промлощадкой хорошо иллюстрирует рис. 17.

Интенсивность гамма-поля возрастает в восточном направлении (при приближении к объекту «Укрытие») и увеличивается с высотой.

Резкий рост по направлению к блоку наблюдается в районе ряда А. Можно предположить, что причиной отмеченной аномалии могут быть локальные интенсивные источники гамма-излучения, находящиеся на крыше машинного зала и деаэрационной этажерки.

## 8. Работы по преобразованию объекта «Укрытие»

Вопрос о преобразовании объекта «Укрытие» возник через три года после его создания. 24 ноября 1989 г. было выдано техническое задание, утвержденное министром атомной энергетики и промышленности В. Ф. Коноваловым, на разработку технико-экономического обоснования «Укрытия-2». Решением научно-технического совета Министерства атомной энергетики и промышленности СССР [13] в 1991 г. были определены основные принципы преобразования объекта «Укрытие».

Однако, в силу понятных причин (следует учесть, что это был 1991 г.), ни один из вариантов не был принят к исполнению.

В 1992 г. Правительством Украины был объявлен международный конкурс технических решений и проектов преобразования объекта «Укрытие» [12], участники которого должны были решить две основные задачи:

- преобразование объекта в долговременную экологически безопасную систему;
- создание технологии и осуществление разборки, переработки, транспортирования и захоронения топливосодержащих и радиоактивных материалов, находящихся в объекте.

Следует отметить, что одним из основных требований была необходимость обеспечить «... разборку, переработку, транспортирование и захоронение топливосодержащих и радиоактивных материалов, содержащихся в объекте» или возможность реализации этих мероприятий после преобразования объекта в долговременную экологически безопасную систему. Учитывая сложность решаемой проблемы и высокую ответственность в случае принятия неправильного решения, первое место не присуждалось. Вторую премию получил проект «Resolution», представленный консорциумом, возглавляемым французской компанией «Campenon Bernard SGE».

В 1996 г. международная группа экспертов (в том числе и украинских) рассмотрела различные варианты преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасное состояние (ЭБС). В отчете [13], выпущенном 29 ноября 1996 г., был предложен рекомендуемый курс действий, состоящий из трех фаз работ по преобразованию объекта «Укрытие»:

- фаза 1 – стабилизация строительных конструкций и другие краткосрочные меры;
- фаза 2 – подготовка к преобразованию в ЭБС;
- фаза 3 – преобразование в ЭБС.

В результате работы экспертов из Великобритании, Германии, Италии, США, Украины, Франции и Японии появился план осуществления мероприятий на объекте «Укрытие» (ПОМ) или Shelter Implementation Plan (SIP) [14]. Финансирование работ, выполняемых в рамках SIP на основании рамочного соглашения, заключенного в ноябре 1997 г. между Украиной и ЕБРР, осуществляется банком из Чернобыльского фонда, формируемого из взносов стран-доноров.

Все работы, выполняемые в рамках проекта SIP, были разделены на пять основных направлений:

- уменьшение вероятности разрушения (стабилизация строительных конструкций);
- смягчение последствий внезапного обрушения;
- повышение ядерной безопасности;
- повышение безопасности персонала и защита окружающей среды;

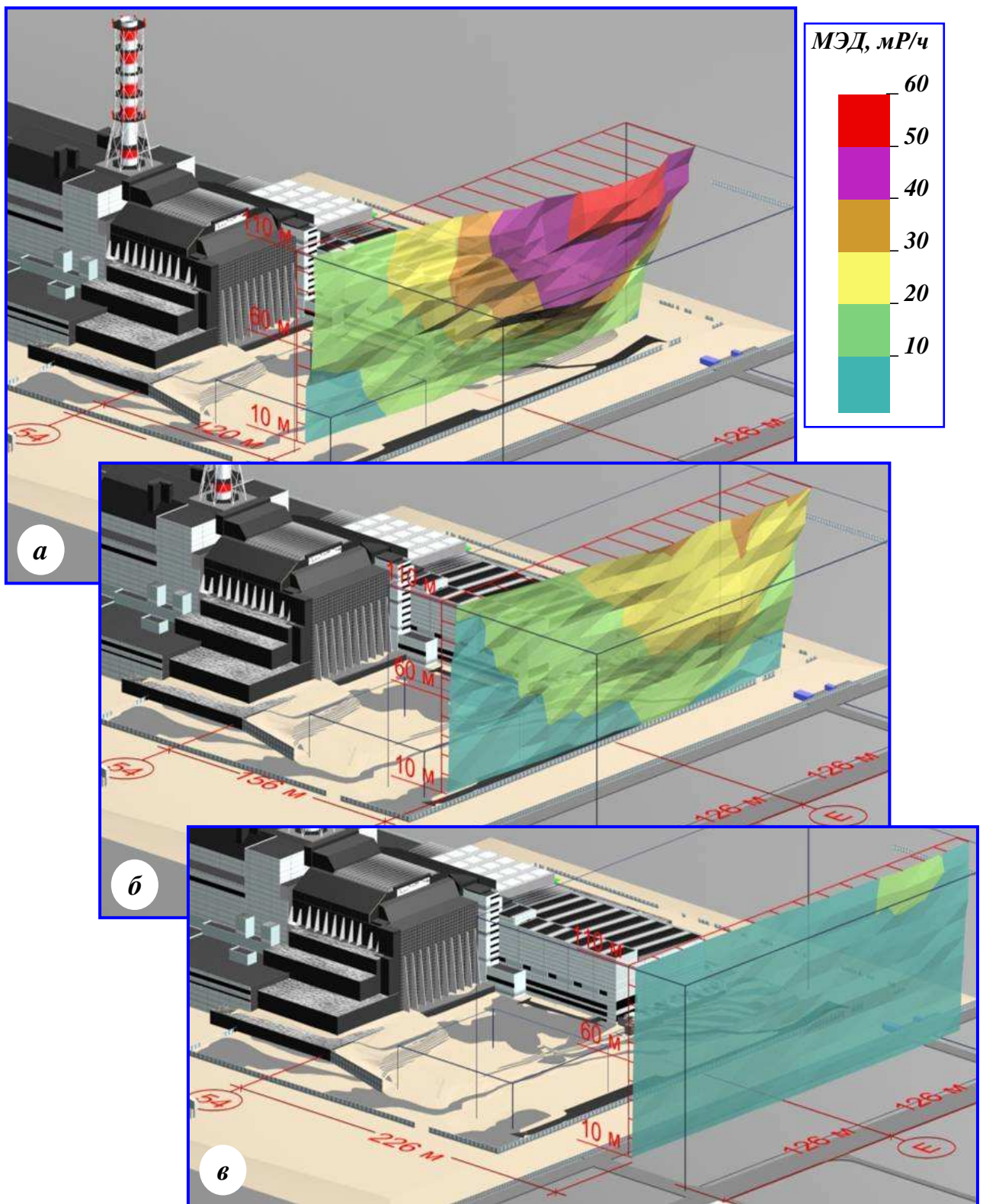


Рис. 17. Модель гамма-поля в зоне возведения НБК (июнь 2004 г.):

- а* – сечение по оси 54 + 120 м;
- б* – сечение по оси 54 + 156 м;
- в* – сечение по оси 54 + 226 м/

разработка долговременной стратегии и работы по подготовке преобразования объекта «Укрытия» в экологически безопасную систему.

В 2002 г. закончен этап предпроектных исследований в рамках ПОМ и произошёл переход к стадии проектирования и выполнения физических объемов работ.

### 8.1. Проведенные и планируемые мероприятия по стабилизации объекта "Укрытие"

Строительные конструкции объекта „Укрытие” - это сочетание „старых” конструкций разрушенного энергоблока №4 и „новых” конструкций, сооруженных после аварии.

Благодаря такому сочетанию создано уникальное пространственное сооружение, строительные конструкции которого выполняют чрезвычайно важную функцию защитных инженерных барьеров на путях выхода радиоактивных веществ и ионизирующего излучения в окружающую среду.

Основу таких барьеров составляют внешние ограждающие конструкции, сооруженные после аварии: каскадная стена, контрфорсные стены, покрытия над реакторным блоком, деаэрационной этажеркой и машинным залом (рис. 18).



Рис. 18. Внешние ограждающие конструкции объекта „Укрытие”:

- 1 – покрытие над центральным залом; 2 – покрытие над машинным залом; 3 – каскадная стена; 4 – западная („большая”) контрфорсная стена; 5 – южные щиты; 6 – южные „щиты-клюшки”; 7 – северные „щиты-клюшки”; 8 – северная („малая”) контрфорсная стена

Относительно уцелевшие конструкции энергоблока №4 создают опорный контур для опирания несущих элементов покрытия над реакторным блоком и деаэрационной этажеркой. Прежде всего, это северная и южная выхлопные шахты, монолитная стена по оси 50 с каркасом, прилегающим к ней (рис. 19). На эти конструкции опираются главные балки Б1 и Б2, которые вместе с трубным накатом создают покрытие над центральной частью реакторного блока (в частности над центральным залом). На конструкции деаэрационной этажерки опираются балки „Мамонт” и „Осьминог”.

Послеаварийное состояние „старых” конструкций характеризуется значительными повреждениями сохранившихся элементов и узлов, их перегрузкой вследствие упавших на них разрушенных конструкций, оборудования, а также материалов, использовавшихся во время ликвидации аварии. Оголенная арматура железобетонных конструкций и металлоконструкции подвергаются коррозии. Наличие таких серьезных дефектов требует постоян-

ного наблюдения за состоянием этих конструкций и проведения при необходимости стабилизационных мероприятий.

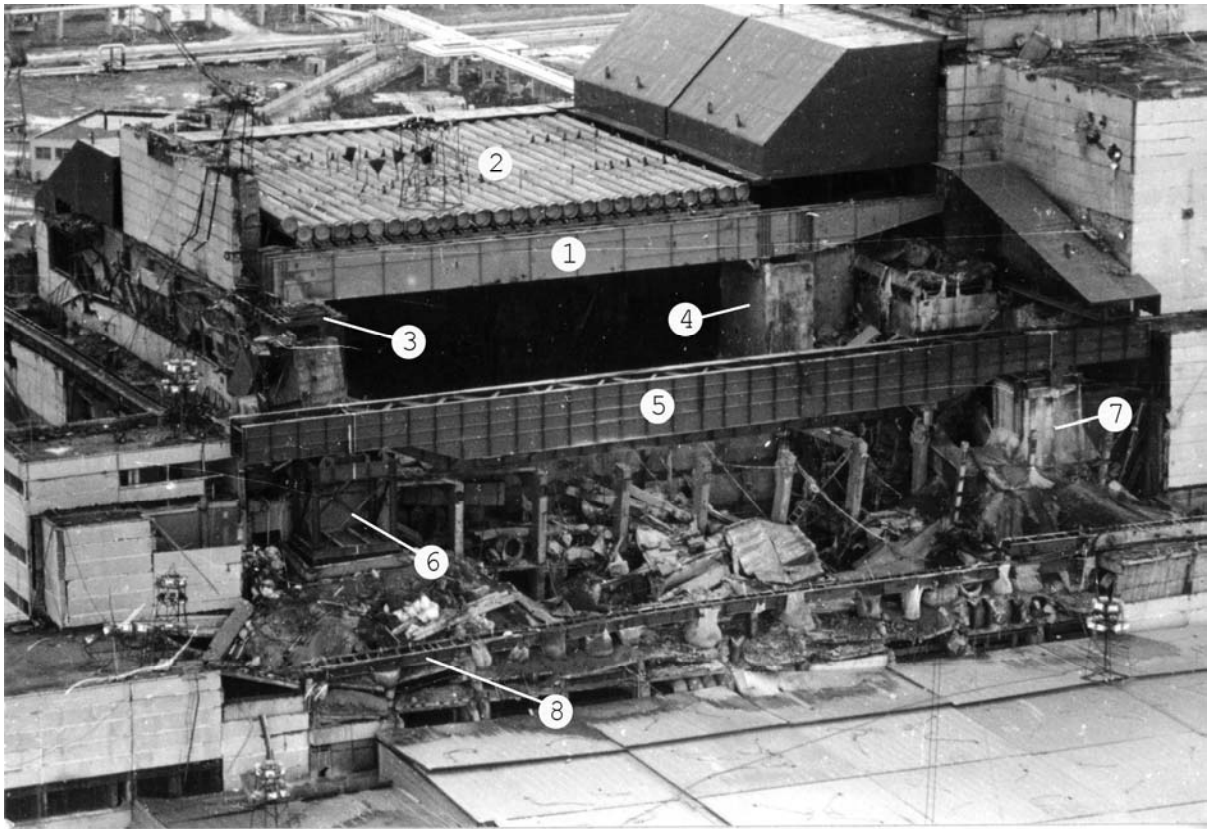


Рис. 19. Конструкции опор и несущих элементов покрытия сооружения объекта „Укрытие“: 1 – балка Б1 (балка Б2 находится за ней); 2 – трубный накат; 3 – верхняя часть стены по оси 50, усиленная „корсетом“; 4 – выхлопная шахта; 5 – балка „Мамонт“; 6 – западная опора балки „Мамонт“; 7 – восточная опора балки „Мамонт“; 8 – балка „Осьминог“

Возведенные после аварии «новые» конструкции (защитно-разделительные стены и металлоконструкции покрытия) были запроектированы в соответствии с действовавшими на тот период времени нормами и правилами строительного проектирования. Однако для этой группы конструкций также существуют проблемы обеспечения их надежности и долговечности, обусловленные следующими причинами:

применявшиеся технологии дистанционного монтажа и бетонирования в сложных радиационных условиях ограничивали возможности контроля качества производства работ;

конструктивные элементы разрозненны – не соединены между собой, свободно опираются на несущие конструкции без физического соединения и удерживаются в проектном положении за счет сил трения (т.е. отсутствуют сварные, болтовые или другие крепления опорных частей);

затруднен доступ к элементам и узлам металлоконструкций для периодического осмотра и восстановления антикоррозионного покрытия.

Учитывая, что строительные конструкции выполняют функцию защитных барьеров, проблема их надежности и долговечности была и остается актуальной для обеспечения ядерной и радиационной безопасности объекта „Укрытие“.

Первым документом, в котором давалась общая оценка состояния строительных конструкций объекта "Укрытие", было "Заключение о надежности и долговечности конструкций покрытия, а также радиационной безопасности реакторного отделения блока № 4 Чернобыльской АЭС", представленное Правительственной комиссии 11 октября 1986 г. специальной комиссией Госстроя СССР.



В "Заключении ..." было сказано: "В связи с тем, что укрытие реакторного отделения возводится на разрушенных конструкциях и в условиях высокой радиационной обстановки, а также учитывая сложность установки конструкций и контроля их положения, не представляется возможным получить достоверные данные об их несущей способности».

Итак, главный вывод заключался в том, что в условиях, в которых был возведен объект, нельзя достоверно оценить его долговечность. Поэтому сразу после окончания строительства начались работы по исследованию надежности и дополнительному усилению (стабилизации) основных несущих конструкций объекта "Укрытие".

В целом можно выделить три основных этапа таких работ.

В течение первого этапа (1987 – 1991 гг.) проводились исследования и паспортизация доступных помещений и выявление зон аварийного состояния строительных конструкций, влияющих на общую устойчивость и целостность объекта "Укрытие". Было выявлено три зоны, требующих выполнения немедленных противоаварийных работ: деаэрационная этажерка (помещение 635/3), помещение двигателей ГЦН (помещение 402/3), помещение воздухопроводов вытяжной вентиляции (помещение 805/3).

При осмотре верхнего яруса каркаса деаэрационной этажерки (ряды Б - В оси 41 - 51) было установлено, что колонны между отметками +24.27 и +38.60 отклонились от вертикали в сторону машинного зала на величину 700 - 1100 мм. В местах стыка колонн в уровне отметки примерно +24.30 образовались изломы с шириной раскрытия трещин порядка 150 мм, продольная рабочая арматура разорвалась, глубина проникновения трещин в глубь сечения колонн составила 0,6 - 0,9 м. Жесткие узловые сопряжения колонн и ригелей также разрушились, что подтверждается разрывом верхних рабочих арматурных стержней растянутой зоны и сдвигом ригелей с опорных консолей в уровне отметки +38.60 на 70 - 150 мм. При этом на перекрытии (выше отметки +38.60) образовались завалы строительных конструкций, оборудования и материалов, применявшихся в процессе ликвидации последствий аварии, высотой 3...5 м.

Такое состояние конструкций каркаса верхнего яруса деаэрационной этажерки было классифицировано как аварийное. Серьезность ситуации обуславливалась тем, что поврежденные колонны по ряду Б были перегружены за счет опирания на них конструкций покрытия над машинным залом. Разрушение колонн повлекло бы за собой обрушение этого покрытия, а также других металлоконструкций южной части объекта "Укрытие" (балки "Осьминог", южных щитов-ключек). При более неблагоприятном развитии ситуации не исключалось обрушение опор балки "Мамонт" и возможность последующего обрушения металлоконструкций покрытия над центральным залом.

На основании полученных данных о состоянии конструкций каркаса верхнего яруса деаэрационной этажерки было оперативно осуществлено закрепление верхней зоны железобетонных колонн ряда Б путем устройства наклонных тяжей из двух швеллеров № 16, приваренных к заполненным бетоном емкостям деаэраторов. Одновременно были установлены подкосы из двух швеллеров № 24 для подкрепления середины пролета ригелей в уровне отметки +38.60 (рис. 20).

Кроме того в 1988 г. были демонтированы фермы покрытия машинного зала, которые опирались на консоли колонн ряда Б (проектное решение 1986 г.), и вместо них смонтировано новое покрытие с опиранием на сталебетонные стены, вновь возведенные в машинном зале между рядами А - Б по осям 41 и 49.

В результате обследования помещения двигателей ГЦН (помещение 402/3) между рядами Г - Е осями 41 - 50 было установлено, что стена и колонны по ряду Г отклонились в сторону ряда В деаэрационной этажерки. В уровне опорных консолей (отметка +30.30) колонны сместились в сторону ряда В на 400...600 мм. В узлах сопряжения ригелей с колоннами отмечены разрывы верхних стержней арматуры ригелей и значительные отколы бетона.

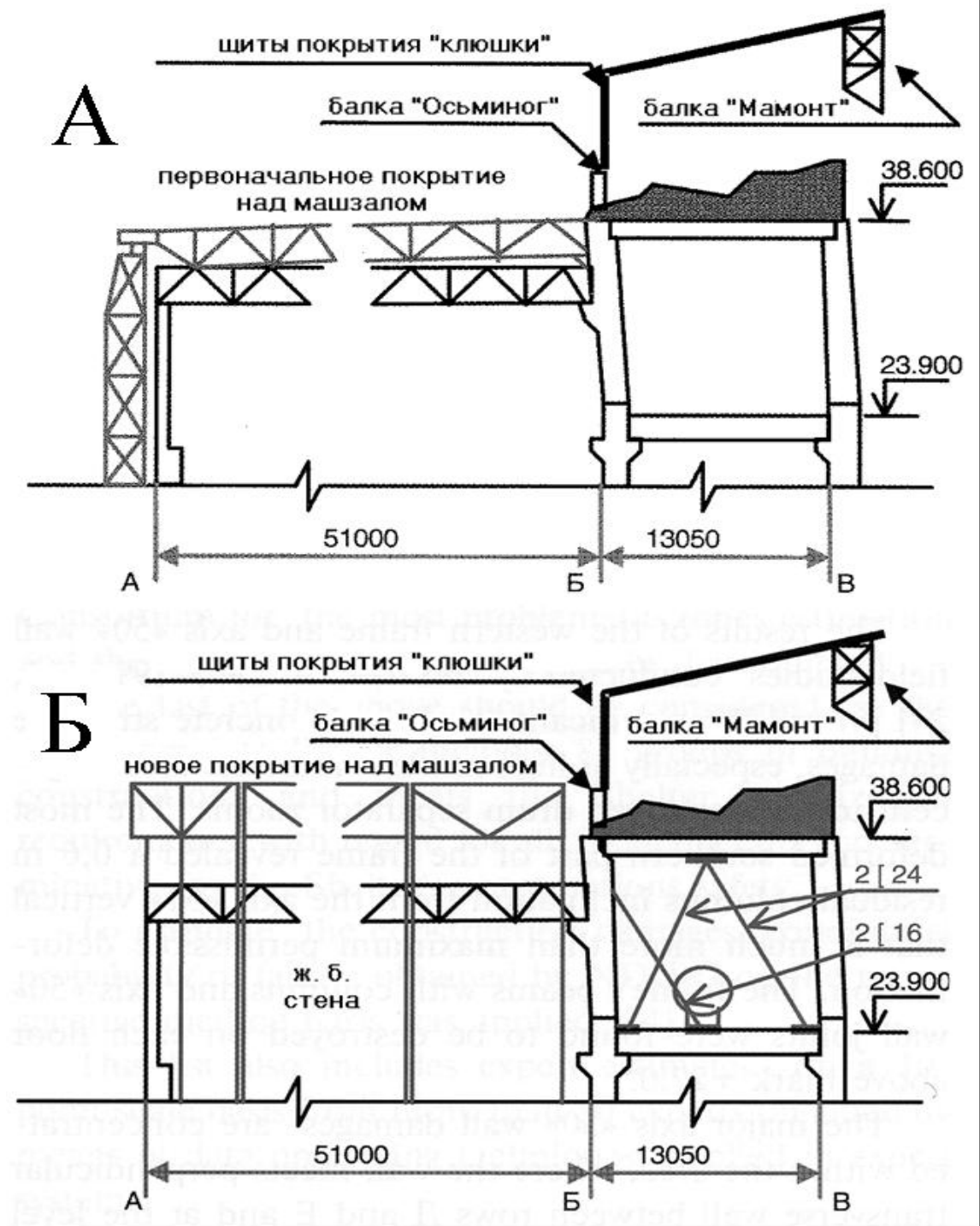


Рис. 20. Конструкции усиления каркаса деаэраторной этажерки:  
 А - состояние до усиления; Б - состояние после усиления.

Состояние колонн каркаса и перекрытия (отметка +31.50) над помещением 402/3 южных двигателей ГЦН также было признано аварийным. Усиление указанного перекрытия заключалось в усилении опорных участков ригелей и осуществлено посредством подведения поддерживающих стальных конструкций под ригели в районе их опирания на консоли колонн (рис. 21). Конструкции усиления представляли собой несущие стальные фермы, объединенные в пространственные блоки системой горизонтальных и вертикальных связей, а затем дистанционно надвинутые в проектное положение по существующим подкрановым путям мостового крана с помощью лебедок.

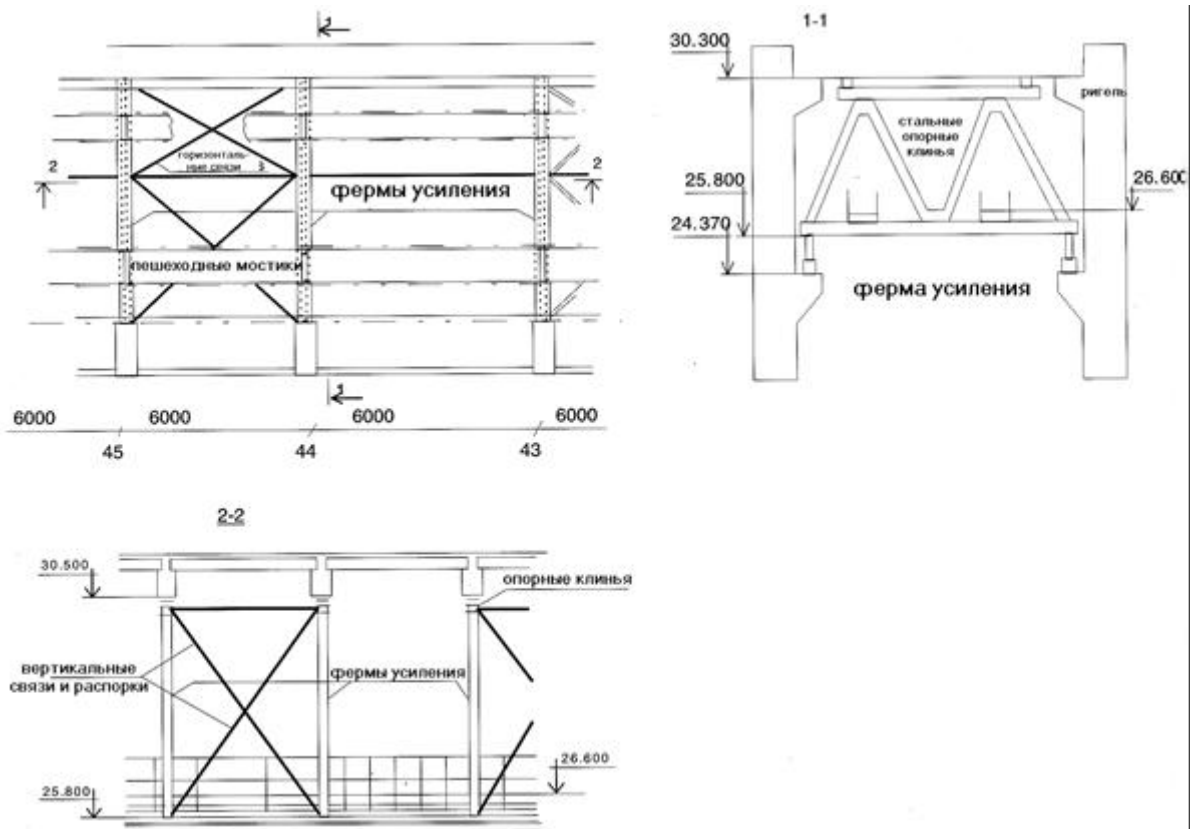


Рис. 21. Схема усиления конструкций помещения ГЦН.

В результате обследований были установлено, что перекрытие (отметка +35.50) над помещением воздуховодов вытяжной вентиляции (помещение 805/3) между осями 40 - 50 рядами В - Е также находится в аварийном состоянии и требует безотлагательного усиления. Сопряжения железобетонных ригелей с колоннами по ряду Г и железобетонной стеной у ряда Е частично разрушены, ригели смещены с опорных консолей.

Усиление перекрытия было выполнено путем подведения под нижние пояса железобетонных ригелей шпальных клеток из антисептированных деревянных полушпал (рис. 22).

После землетрясения в районе ЧАЭС 30 и 31 мая 1990 г. силой в 3,5 - 4 балла было произведено обследование объекта "Укрытия" и составлен "Акт обследования состояния объекта "Укрытие", из которого следует, что изменений положения и заметного ухудшения состояния основных строительных конструкций не зафиксировано.

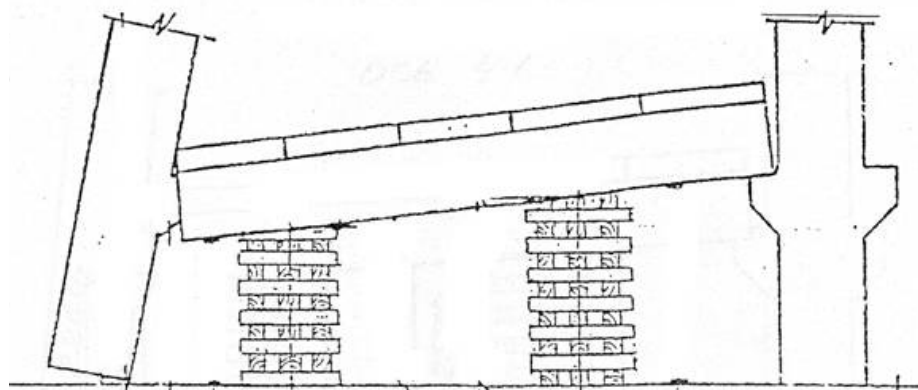


Рис. 22. Схема усиления конструкций перекрытия над помещением 805/3.

Особенности исследований на втором этапе (1992 - 1997 гг.) заключались:

в расширении объемов исследований (дополнительно оценивалось состояние несущих конструкций западного фрагмента - железобетонной стены по оси 50 с примыкающим каркасом и стенами между осями 49 - 51', опорных узлов блоков балок Б1 и Б2 на стене по оси 50, защитно-разделительных стен и металлоконструкций покрытия, грунтов основания, смежных конструкций блоков В и ВСРО);

в комплексном подходе (сочетании натуральных обследований с вероятностным анализом и численным моделированием, с созданием физических моделей).

Натурными обследованиями выявлен ряд крупных дефектов железобетонной стены по оси 50, которые существенно влияют не только на несущую способность и устойчивость указанной стены, но и западного фрагмента в целом, а также опорных узлов блоков балок Б1 и Б2 по ряду Ж и П. Смещение верхней части стены в районе опирания блоков балок Б1 и Б2 (отметка +58.50) относительно нижней (отметка +12.50) составляет 500 - 700 мм у ряда П и около 1000 мм у ряда Ж. Указанное положение несущей стены было учтено при строительстве объекта "Укрытие", и на участке опирания блока балок Б1 и Б2 по оси 50 ряду Ж возникла необходимость в устройстве бетонной опоры в неснимаемой несущей металлической опалубке. По ряду причин проектные решения по устройству такой опоры (и одновременному местному усилению стены) в полном объеме не были реализованы.

По результатам натуральных обследований, выполненных в 1993 г., были установлены фактические параметры указанной металлической опалубки, условия ее опирания на завалы конструкций и на стену по оси 50, а также степень заполнения ее бетоном. Состояние опоры блока балок Б1 и Б2 по оси 50 ряду Ж было признано неудовлетворительным.

В 1994 г. было выполнено усиление указанной опоры путем подведения под нижние пояса блока балок Б1 и Б2 металлических стоек, опираемых на бетонную поверхность внутри „корсета”. Однако реализация этого мероприятия решила проблему повышения надежности опоры только частично. Сохранилась необходимость в более кардинальном усилении как непосредственно зон опоры блока балок Б1 и Б2, так и всего западного фрагмента реакторного блока, в состав которого входит стена по оси 50 и железобетонный каркас в осях 49÷51'.

На следующем третьем этапе (с 1998 г. и по настоящее время) исследования и работы по усилению основных несущих строительных конструкций "Укрытия" стали носить системный и масштабный характер и выполняться в рамках международного сотрудничества.

Важным шагом в решении проблемы повышения надежности конструкций, оказывающих влияние на безопасность объекта „Укрытие”, была ликвидация опасности, связанной с аварийным состоянием вентиляционной трубы ВТ-2.

В процессе обследования элементов и узлов несущего каркаса вентиляционной трубы, было выявлено около 30 дефектов, таких как: обрыв элементов, недопустимый изгиб или потеря устойчивости элементов, значительные коррозионные повреждения и т.п. Один из таких дефектов изображен на рис. 23.

Ремонт несущего каркаса вентиляционной трубы был выполнен в 1998 г. при участии специалистов Украины, США и Канады.

Дальнейшие работы по обследованию и стабилизации конструкций объекта "Укрытие" продолжены в соответствии с Планом осуществления мероприятий (ПОМ) на объекте "Укрытие" при непосредственном участии Международного консорциума ICC (МК) JV (MORRISON KNUDSEN (США) – лидер, BNFL (Великобритания), украинских организаций НИИСК, КИЭП и МНТЦ "Укрытие" НАН Украины) – победителя тендера по Пакету А "Гражданское строительство".

В качестве неотложной меры стабилизации строительных конструкций объекта "Укрытие" МК JV был разработан рабочий проект усиления опорных узлов блоков балок Б1 и Б2 по оси 50, который предусматривал усиление как опорных участков металлических ба-



Рис. 23. Дефекты несущего каркаса вентиляционной трубы ВТ-2.

лок, так и участков стены, на которую они опираются (рис. 24 - 27). Реализация проекта была осуществлена украинской строительной организацией "Укренергобуд" в 1999 г. [12].

По результатам дополнительных натурных обследований и уточненных расчетов ИСС (МК) JV был обоснован перечень из 15 стабилизационных мероприятий, реализация которых позволяет обеспечить устойчивость конструкций на время, превышающее 15 лет, т.е. больше, чем необходимо для строительства и ввода в эксплуатацию нового безопасного конфайнмента (НБК).

Впоследствии этот перечень был сокращен до восьми стабилизационных мероприятий, что зафиксировано в программном решении П2 «Решение по стратегии стабилизации кровли, опор и конструкций» от 24 декабря 2000 г.

В течение 2002 - 2003 гг. консорциумом КСК, состоящим из украинских организаций КИЭП, НИИСК и МНТЦ «Укрытие» НАН Украины, был разработан и согласован с регулирующими органами рабочий проект, предусматривающий выполнение стабилизационных мероприятий для таких конструкций и узлов:

- западный фрагмент „Укрытия”;
- верхний ярус каркаса и аварийные плиты перекрытия деаэрационной этажерки;
- западная и восточная опоры балки „Мамонт”;
- узлы соединения южных щитов и южных „щитов-клюшек”;
- северная контрфорсная стена и узлы ее соединения с северными „щитами-клюшками”.

Начиная с конца 2004 г. этот проект реализуется строительными организациями Украины и России, объединенными в консорциум „Стабилизация”.

Перед этим были развернуты работы по строительству объектов инфраструктуры, жизненно необходимых для осуществления стабилизации. Это строительная база, новый санпропускник, учебно-тренировочный центр для персонала подрядных организаций, реабилитационный центр, инженерные сети, автодороги и другие объекты.

Из числа стабилизационных мероприятий наиболее масштабным, учитывая объемы строительно-монтажных работ, количество задействованного персонала и прогнозируемую коллективную дозу их радиационного облучения, является стабилизация западного фрагмента объекта „Укрытие”.

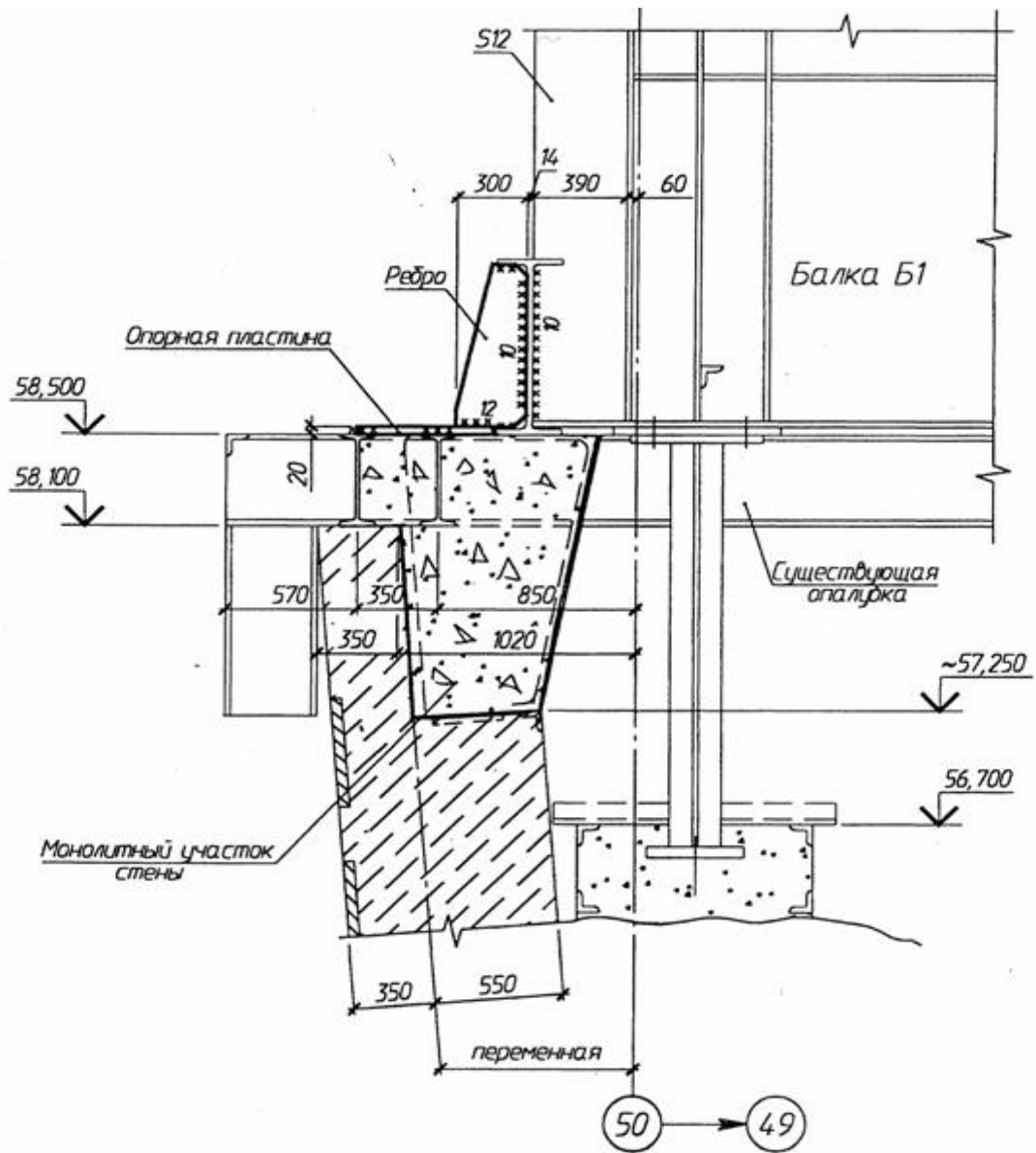


Рис. 24. Усиление опорных частей балок Б1 и железобетонной стены по оси 50 в месте опирания на нее блока балок Б1 (ряд Ж).

Идея стабилизации этого фрагмента состоит в сооружении западнее контрфорсной стены двух пространственных металлических башен, установленных на массивные железобетонные фундаменты и соединенных между собой пространственными блок-фермами в трех уровнях (рис. 28).

Башни выполнены с консолями, предназначенными для опирания блоков балок Б1 и Б2, выполняющих функцию основных несущих элементов в системе существующего покрытия над разрушенным реакторным блоком.

Такое решение позволяет снять нагрузку с поврежденного каркаса и стены западного фрагмента и передать ее на вновь возведенные конструкции башен.

Кроме этого, посредством системы специальных упоров, размещенных в трех уровнях, обеспечивается восприятие новыми конструкциями горизонтальных нагрузок от западного фрагмента в направлении „восток - запад” при сейсмическом воздействии. Таким образом, создаются условия для фиксации существующего положения стены по оси 50 и прилегающего к ней каркаса и воспрепятствования дальнейшему их смещению в западном направлении, что может привести к обрушению.

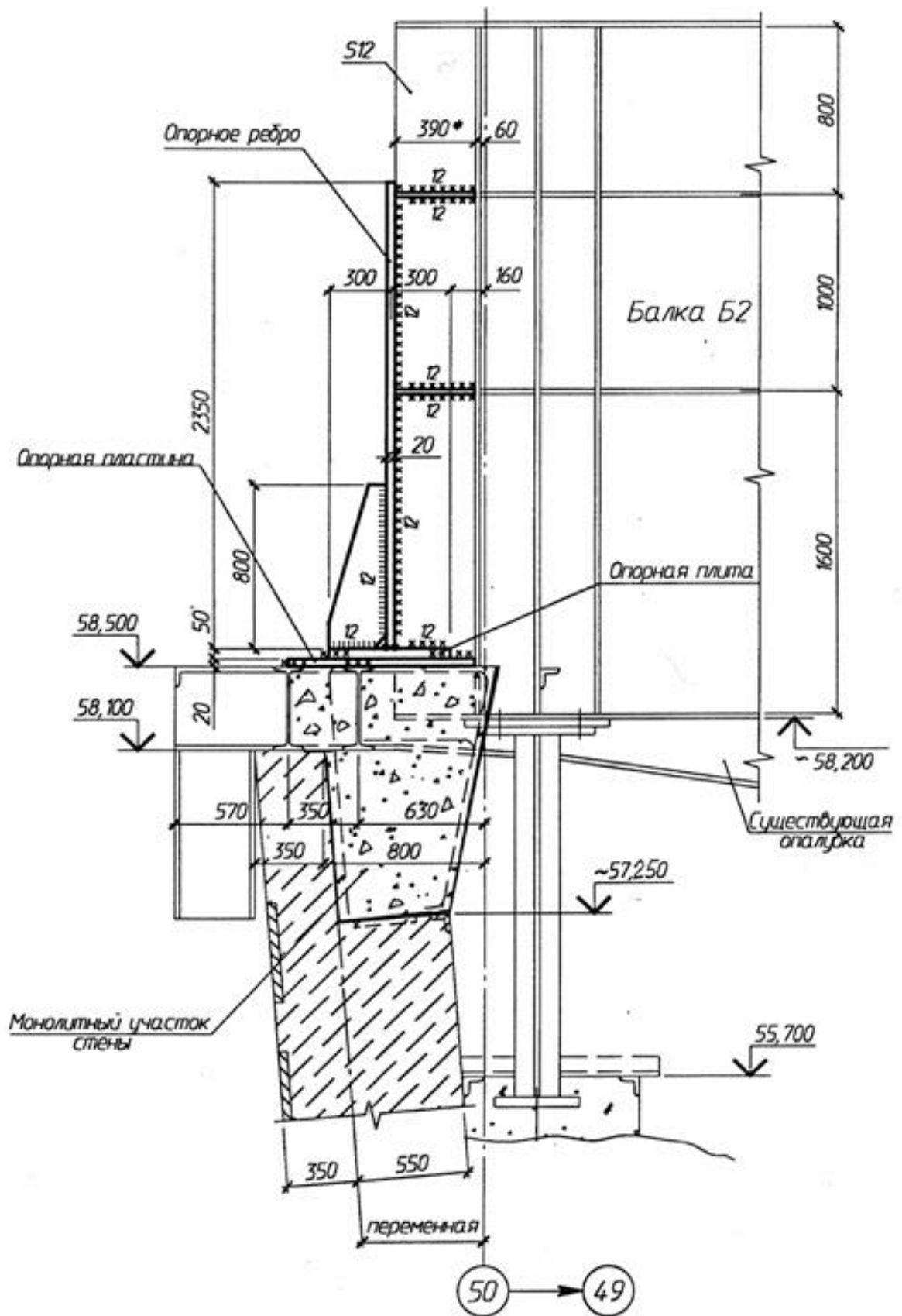


Рис. 25. Усиление опорных частей балок Б2 и железобетонной стены по оси 50 в месте опирания на нее блока балок Б2 (ряд Ж).

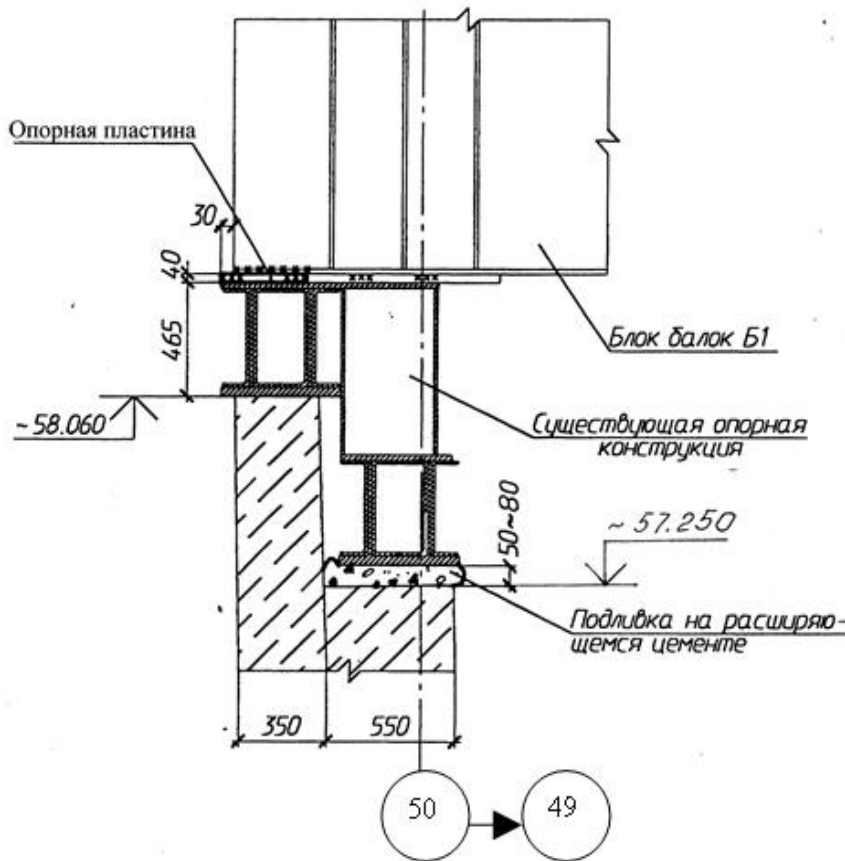


Рис. 26. Усиление опорных частей балок Б1 и металлической опоры под балки Б1 в месте опирания блока балок Б1 на железобетонную стену по оси 50 (ряд П).

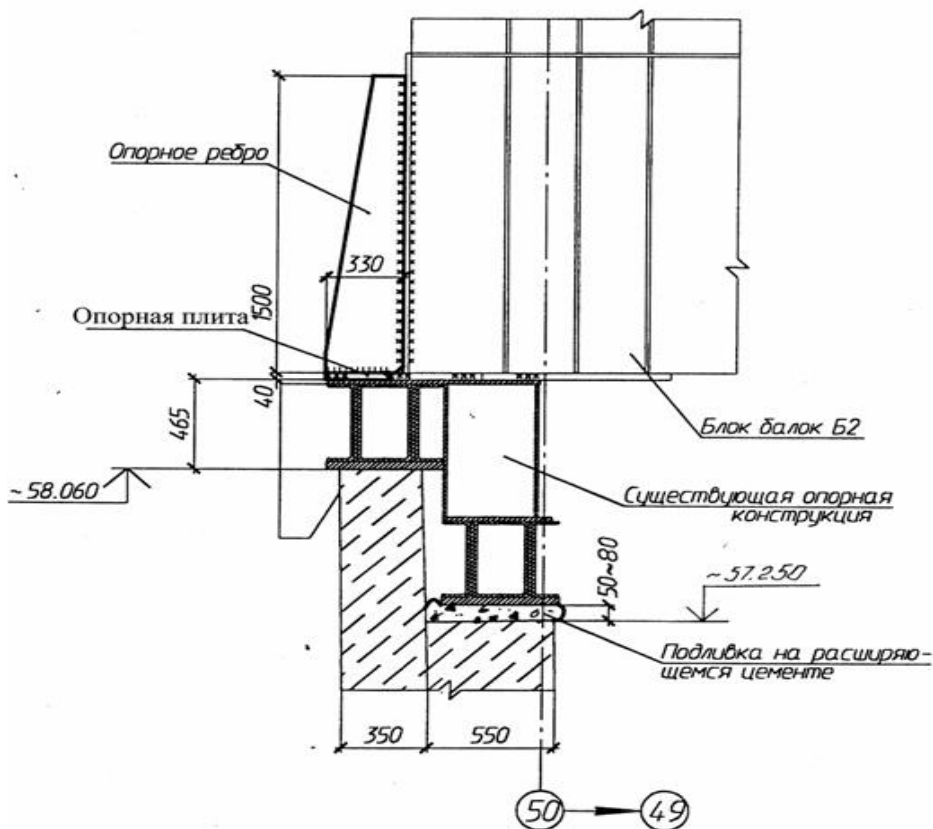


Рис. 27. Усиление опорных частей балок Б2 и металлической опоры под балки Б2 в месте опирания блока балок Б2 на железобетонную стену по оси 50 (ряд П).



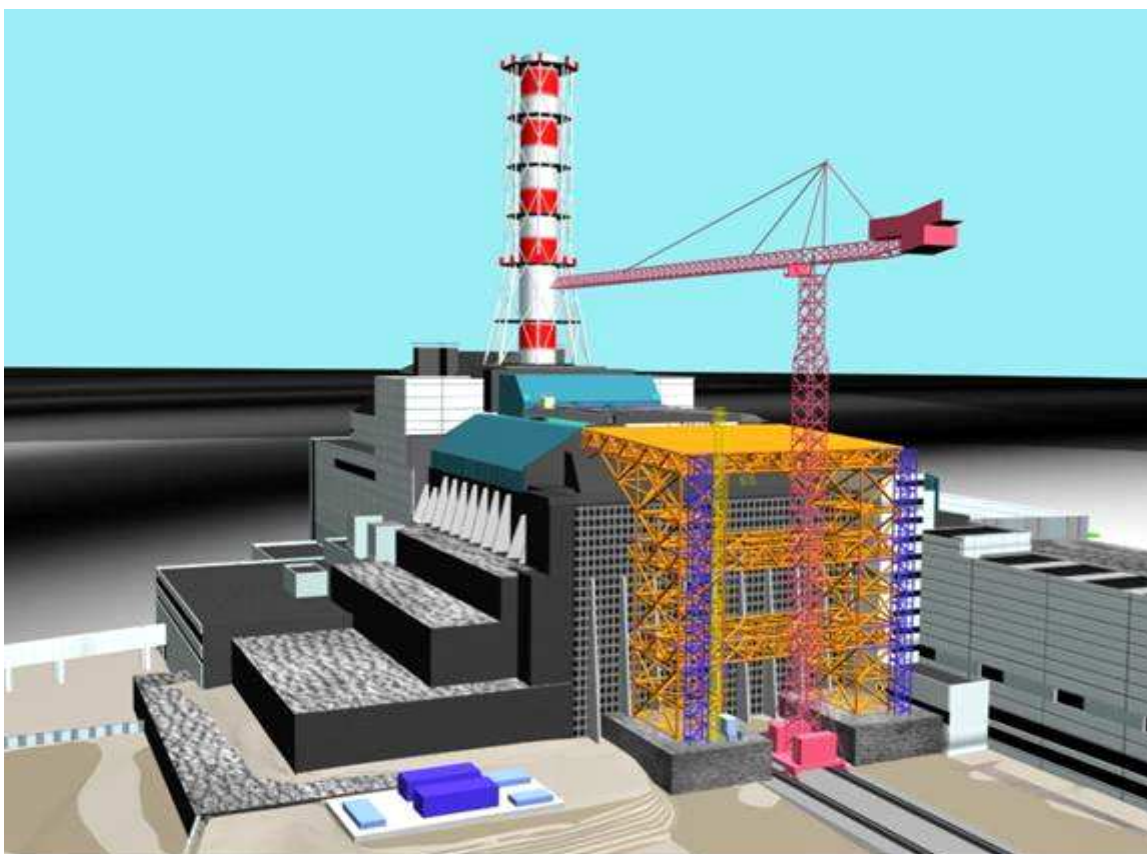


Рис. 28. Стабилизационное мероприятие 2 "Усиление западного фрагмента".  
Схема металлоконструкции усиления.

Стабилизация плит перекрытия на отметке 38,6, имеющих недопустимые прогибы и трещины, состоит в установке под ними металлических опор. Эти опоры должны предотвратить обрушение плит как во время выполнения работ по усилению верхнего яруса каркаса деаэрационной этажерки, так и на период до осуществления демонтажных работ в этой зоне объекта „Укрытия” после возведения нового конфайнмента.

Конструктивное решение по стабилизации каркаса деаэрационной этажерки предполагает монтаж дополнительных металлических наклонных элементов (подкосов), объединяющих верхнюю часть колонн, имеющих значительное отклонение от вертикали в сторону машинного зала, с конструкциями перекрытия, находящихся ниже (на отметке 24,3) и не имеющих существенных повреждений.

Стабилизация западной опоры балки „Мамонт” предусматривает усиление вертикальных крестообразных связей путем увеличения их сечения за счет приварки дополнительных элементов.

Усиление восточной опоры балки „Мамонт” решается благодаря заполнению бетоном пустот, имеющих в ее основе.

Стабилизация южной части покрытия осуществляется путем соединения плоских щитов и „щитов-ключек” между собой в месте их опирания на балку „Мамонт”. Это достигается с помощью установки связующей фермы на внешней поверхности покрытия (рис. 29).

Реализация стабилизационных мероприятий в северной части „Укрытия” предусматривает решение одновременно двух проблем:

- объединение в единую конструктивную систему северных элементов: „щитов-ключек” и контрфорсной стены;
- усиление этой контрфорсной стены.

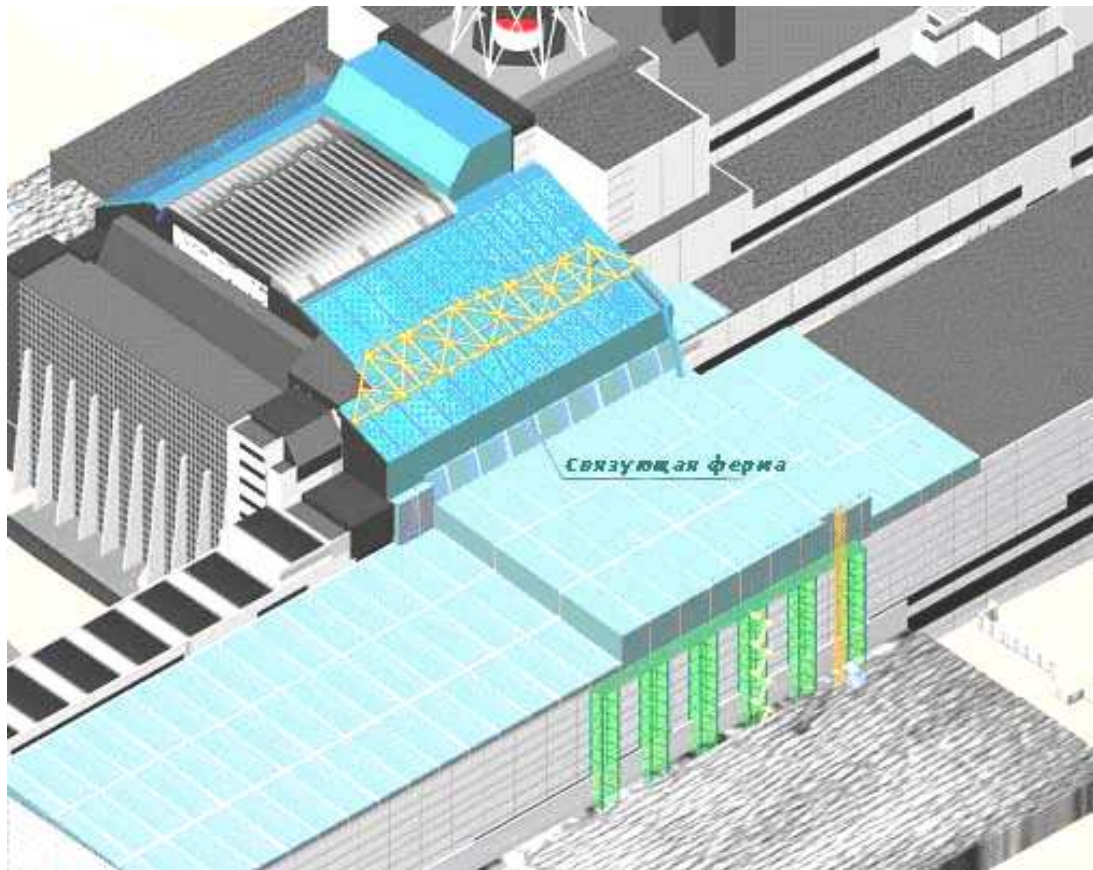


Рис. 29. Стабилизация южной части покрытия.

Объединение „щитов-кляшек” и контрфорсной стены будет выполняться путем установки и закрепления в опорных частях „щитов-кляшек” анкеров-фиксаторов, их размещению в незаполненном бетоном внутреннем пространстве стены с последующим бетонированием этого пространства (рис. 30).

Бетонирование верхней части контрфорсной стены до проектной отметки (чего не было сделано при сооружении „Укрытия”) с установленными внутрь анкерами-фиксаторами повысит надежность как самой стены, так и обеспечит восприятие „щитами-кляшками” экстремальных ветровых и сейсмических нагрузок.

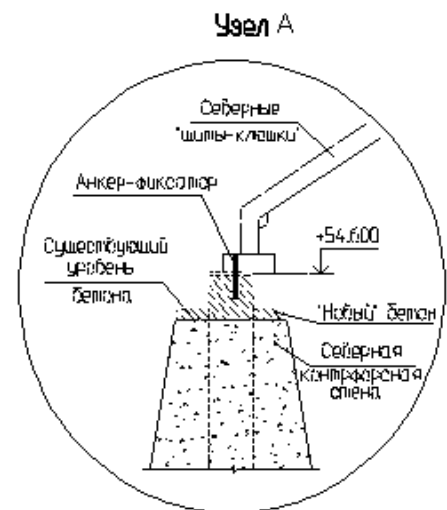


Рис. 30. Стабилизация северной части покрытия и контрфорсной стены.

Выполнение запланированного объема строительно-монтажных работ (СМР) по стабилизации строительных конструкций в условиях объекта «Укрытие» является довольно сложной инженерной задачей. Прежде всего, это относится к проблеме обеспечения безопасности персонала, привлекаемого к этим работам, и поддержания необходимого и достаточного уровня радиационной и экологической безопасности объекта. Для решения этих задач в рамках проекта стабилизации был разработан ряд документов, обосновывающих безопасность при реализации стабилизационных мероприятий. К основным документам относятся:

- Отчет по радиационной безопасности;
- Отчет по оценке воздействий на окружающую среду;
- Программа обращения с РАО.

Перечисленные лицензионные документы согласованы регулирующими органами Украины (Государственным комитетом ядерного регулирования, Министерством здравоохранения и Министерством охраны окружающей среды).

Ниже приводятся основные мероприятия противорадиационной защиты персонала, населения и окружающей среды, а также технологические решения по обращению с радиоактивными отходами в процессе стабилизации строительных конструкций объекта «Укрытие».

#### **Радиационная безопасность**

Для организации эффективной противорадиационной защиты первостепенное значение имеют данные о радиационной обстановке в зонах производства работ и на маршрутах движения персонала. Поэтому до начала рабочего проектирования стабилизационных мероприятий были выполнены исследования радиационной обстановки в локальной зоне, внутри и на покрытии объекта «Укрытие». В частности были измерены:

- мощность эквивалентной дозы;
- плотность поверхностного загрязнения;
- угловые и энергетические характеристики излучения.

В локальной зоне мощность эквивалентной дозы на уровне земли в большей части зон производства работ составляет 200 – 400 мкЗв/ч (20-40 мР/ч). В зонах работ на более высоких отметках значения мощности дозы увеличиваются в несколько раз.

На отдельных участках покрытия значения мощности эквивалентной дозы достигают 30-50 мЗв/ч (3-5 Р/ч).

Анализ результатов исследований показал, что основными факторами воздействий на персонал являются:

- внешнее гамма-облучение (основной вклад дает  $^{137}\text{Cs}$ );
- внешнее бета-облучение открытых участков кожи и хрусталика глаза (основной вклад дает  $^{90}\text{Sr}$ , в меньшей степени –  $^{137}\text{Cs}$ );
- внутреннее облучение за счет ингаляционного поступления радиоактивных веществ (основной вклад дают изотопы  $^{238-241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ , в меньшей степени –  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ).

К основным источникам гамма-излучения, формирующих радиационную обстановку в зонах производства работ и на маршрутах движения персонала, следует отнести:

- радиоактивные материалы, находящиеся внутри реакторного блока и на покрытии машинного зала;
- поверхностное загрязнение конструкций и материалов;
- рассеянное излучение;
- отдельные локальные источники (в частности, на кровле бывшего резервного пульта управления).

С целью обеспечения противорадиационной защиты персонала разработан и обоснован комплекс организационных, радиационно-гигиенических и технических мероприятий.

Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности разработаны с учетом того, что строительно-монтажные работы будут осуществляться как деятельность с открытыми источниками ионизирующего излучения.

Организационные мероприятия включают подготовку персонала подрядных организаций, разработку конкретных процедур по организации безопасного выполнения строительно-монтажных работ, осуществления постоянного контроля за соблюдением требований радиационной и общетехнической безопасности.

Теоретическая подготовка персонала проводится в учебно-тренировочном центре в г. Славутич, а практическая – непосредственно на промплощадке объекта „Укрытие”. Для отработки навыков выполнения отдельных технологических операций создан учебный полигон с макетами будущих рабочих мест.

К числу основных радиационно-гигиенических и технических мероприятий противорадиационной защиты, которые обеспечивают значительное снижение доз облучения персонала и минимизацию загрязнения окружающей среды, следует отнести:

- организацию санитарно-пропускного режима;
- зонирование мест выполнения работ;
- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ);
- дозиметрический контроль;
- медицинские услуги и реабилитацию;
- пылеподавление;
- дезактивацию;
- защиту расстоянием;
- экранирование.

Организация санитарно-пропускного режима создает условия для исключения переноса радиоактивного загрязнения за пределы территории объекта „Укрытие” благодаря контролю загрязнения строительной техники и СИЗ, отправки их при необходимости на дезактивацию или захоронение, переодеванию и санитарной обработке персонала. Проход персонала на территорию объекта „Укрытие” и выход за его пределы осуществляется только через санпропускник.

Для ограничения переноса радиоактивных веществ внутри территории объекта „Укрытие” предусмотрено зонирование рабочих мест следующим образом: в зонах проведения строительно-монтажных работ выделяются участки с существенно различными уровнями радиоактивного загрязнения, а на границе этих участков размещаются временные (переносные) саншлюзы.

Персонал обеспечивается основными и дополнительными СИЗ.

К основным СИЗ относятся транспортная и рабочая одежда и обувь, в том числе и для выполнения работ в холодное время года.

Выбор и использование дополнительных СИЗ, включающих средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), защитные очки и щитки, пластиковую защитную спецодежду и т.п., осуществляется отдельно для каждого вида работ, в зависимости от их характера и конкретных условий на рабочих местах.

При этом наибольшее внимание уделяется использованию современных эффективных СИЗОД. К факторам, определяющим выбор типа СИЗОД, относятся:

- характер и количественное содержание радиоактивных и других вредных веществ в воздухе (дисперсный состав и токсичность аэрозолей, наличие газообразной фазы, концентрация вредных веществ);
- микrokлиматические условия на рабочем месте (температура, относительная влажность воздуха, тепловое излучение);
- содержание кислорода в воздухе на участке выполнения работ;
- тяжесть выполняемой работы;
- защитные и эксплуатационные свойства отдельных образцов СИЗОД.

Дополнительными факторами, определяющими выбор типа СИЗОД в специфических условиях работ по стабилизации строительных конструкций, являются:

- время выполнения работ;

плотность поверхностного загрязнения радионуклидами;  
величина мощности эквивалентной дозы;  
условия проведения работ (работы в замкнутом пространстве, стесненные условия).

Для обоснованного выбора типа СИЗОД оценивались показатели условий труда, которые включает в себя как показатели радиационной обстановки, так и показатели микроклимата в зонах производства работ. Особое внимание уделяется измерению концентраций радиоактивных веществ непосредственно в зоне дыхания работающих, так как при выполнении некоторых технологических операций эти концентрации могут в десятки, сотни и, даже, тысячи раз превышать их среднесменные или среднесуточные значения, определяемые с использованием стационарных пробоотборников.

Из-за отсутствия разводки чистого воздуха выбрать СИЗОД для проведения сварочных и других огневых работ в условиях объекта «Укрытие» является сложной задачей. Для таких работ применяются изолирующие СИЗОД, среди которых отдается предпочтение устройствам с принудительной подачей воздуха в подмасочное пространство.

Дозиметрический контроль при осуществлении работ по стабилизации обеспечивает: мониторинг радиационной обстановки, включающей:

контроль мощности дозы гамма-излучения;  
контроль уровней загрязнения радиоактивными веществами рабочих поверхностей оборудования и помещений, транспортных средств;  
контроль объемной активности радиоактивных веществ в воздухе рабочих зон;  
индивидуальный дозиметрический контроль (ИДК) внешнего и внутреннего облучения персонала;  
систему оперативного и долгосрочного планирования, учета и хранения данных по индивидуальным дозам облучения персонала.

Медицинское обслуживание и реабилитация персонала включают:

оказание первой медицинской помощи;  
прохождение медосмотров;  
профилактику заболеваний и лечение (при необходимости);  
реабилитацию (при необходимости).

Оказание первой медицинской помощи осуществляется в оснащем медпункте в санпропускнике.

Для предупреждения профессиональных заболеваний персонал обеспечивается лечебно-профилактическим питанием.

Пылеподавление в зонах выполнения работ и на путях движения персонала осуществляется при помощи как модернизированной стационарной системы пылеподавления, так и мобильных установок. Для пылеподавления используются смеси, эффективность которых подтверждена многолетним опытом их применения в условиях объекта «Укрытие». Периодичность и объем пылеподавления зависит от характера выполняемых работ и климатических условий (дождь, зима и т.п.).

Дезактивация осуществляется по мере загрязнения строительных механизмов, транспортных средств, оборудования, инструмента, а также дополнительных СИЗ.

Дезактивация транспортных средств осуществляется на мобильной установке дезактивации, находящейся на промплощадке объекта „Укрытие”, а всего остального – на существующих стационарных установках Чернобыльской АЭС и Государственного специализированного предприятия „Комплекс”, находящегося в Зоне отчуждения.

Эффективным является применение отдельных технических средств, обеспечивающих повышение уровня противорадиационной защиты, в частности:

обеспечение работ громкоговорящей связью;  
организация радиосвязи во время проведения работ;  
теленаблюдение за процессом выполнения работ;  
использование грузопассажирских подъемников.

Защита расстоянием предусматривает выполнение определенного объема работ на расстоянии от основных источников ионизирующего излучения, которые находятся на объекте „Укрытие”. В частности, значительная часть работ по стабилизации западного фрагмента выполняется на площадке укрупнительной сборки.

Поскольку основным фактором опасного воздействия на персонал при выполнении работ по стабилизации является внешнее гамма-облучение, то одним из наиболее эффективных мероприятий по противорадиационной защите персонала является экранирование.

Экранирование может быть постоянным или временным.

Постоянное экранирование представляет собой защитные стены или щиты-экраны, устанавливаемые на существующих или новых конструкциях в процессе выполнения подготовительных работ и которые, без необходимости, не подлежат последующему демонтажу.

Под временным экранированием подразумевается специально созданные переставные защитные сооружения типа бокса, экранированные навесные и переставные площадки и кабинки, изготавливаемые в заводских условиях.

Кроме временного и постоянного экранирования зон производства работ может быть использовано и локальное экранирование источников излучения - прежде всего скоплений радиоактивных отходов вблизи рабочих мест. Данный способ экранирования может быть применен в случае выявления (например, при расчистке завалов) интенсивных источников излучения, а их удаление из зоны работ усложнено различными обстоятельствами (например, источник находится под слоем бетона).

Примером успешного использования экранирования является его организация при реализации проекта стабилизации опор блоков балок Б1 и Б2 при помощи освинцованных матов и защитных боксов (рис. 31). Освинцованные маты устанавливались на рабочих местах, а защитные боксы – на пути доступа в места выполнения работ. При этом последние использовались для кратковременного пребывания персонала во время вынужденных технологических перерывов в работе, одевания и снятия дополнительных СИЗ, наблюдения за выполнением работ.

В стабилизационных мероприятиях, реализуемых в настоящее время, используются как указанные выше решения, так и экраны другой конструкции, в частности:

бетонная стена толщиной 0,4 м и высотой 9,6 м для защиты персонала, выполняющего работы на площадке укрупненной сборки металлоконструкций (рис. 32);

крупногабаритный плоский экран в зоне выполнения работ по стабилизации западной опоры балки „Мамонт”;

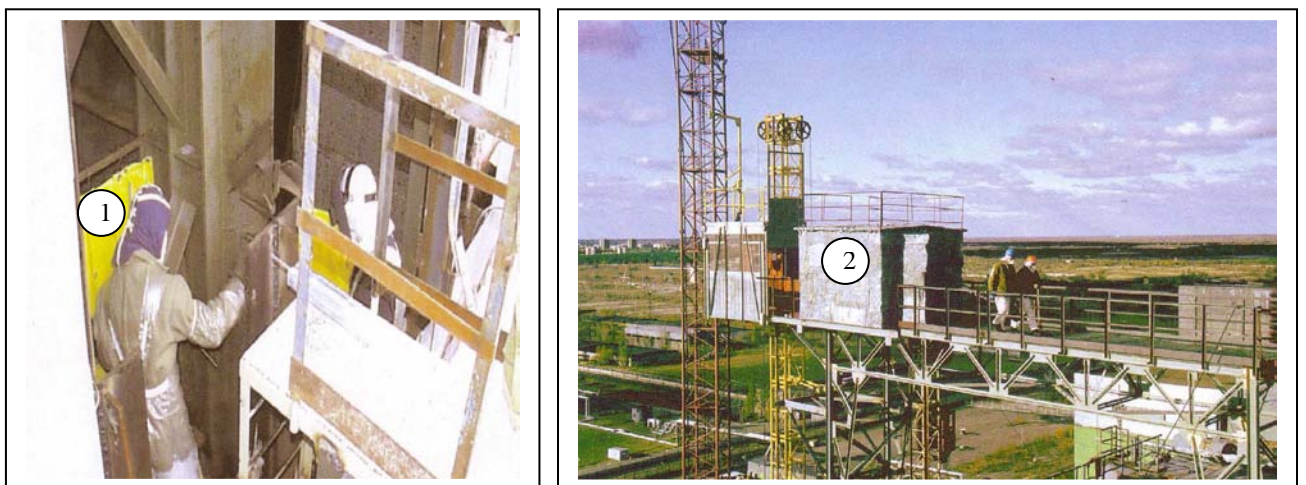


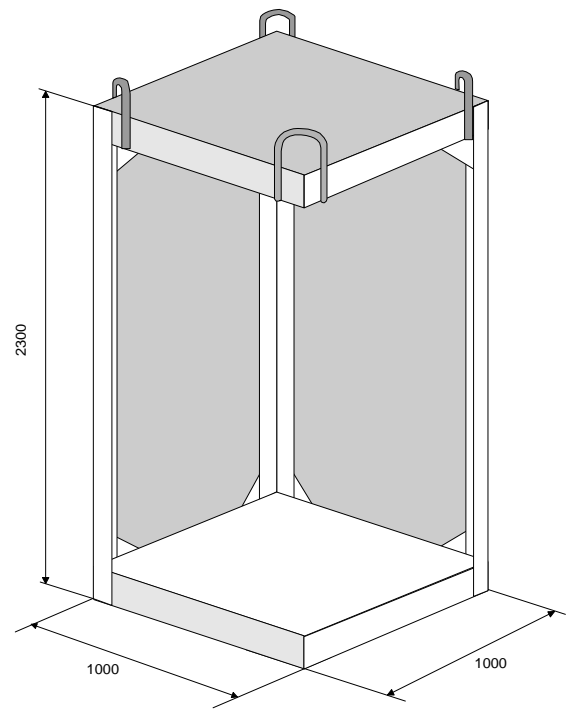
Рис. 31. Использование защитных экранов:  
1 - освинцованные маты; 2 - защитный бокс.



Рис. 32. Защитная бетонная стена.



*а*



*б*

Рис. 33. Варианты экранирования: *а* - экранирование путей доступа к западной опоре балки «Мамонт»; *б* - переставная защитная кабина.

навесные экраны на путях доступа персонала (рис. 33, а);  
 переставные кабины для операторов буровых установок при выполнении работ по цементации грунтов (см. рис. 33, б);  
 экраны на монтажных навесных площадках при сооружении металлоконструкций стабилизации западного фрагмента объекта „Укрытие”.

Выполненные оценки эффективности экранирования и других технических мероприятий по противорадиационной защите (пылеподавление, дезактивация, защита расстоянием и др.) свидетельствует о том, что их реализация позволяет предотвратить дозу облучения персонала в пределах до 30 чел.-Зв.

Общая коллективная доза облучения персонала, участвующего в реализации проекта стабилизации строительных конструкций объекта «Укрытие», оценивается на уровне около 40 чел.-Зв.

#### **Воздействия на окружающую среду**

Анализ уже выполненных и запланированных работ по стабилизации свидетельствует о том, что основным видом дополнительных воздействий на окружающую среду являются выбросы радиоактивных веществ в атмосферу со следующим их перераспределением в компонентах окружающей среды.

При этом наибольший вклад в дополнительное радиоактивное загрязнение окружающей среды оказывает выполнение следующих работ:

земляные работы в локальной зоне;  
 сварочные работы и работы по резке радиоактивно загрязнённых конструкций, а также очистка их поверхностей.

Были рассчитаны величины выбросов при проведении различных работ. При этом учитывались следующие исходные данные: время выполнения работ, количественные характеристики работы (длина сварного шва, площадь территории на которой производится планировка и т.п.), наличие пылеподавления и т.д.

Результаты расчетов выбросов радиоактивных веществ по каждому мероприятию представлены на рис. 34.

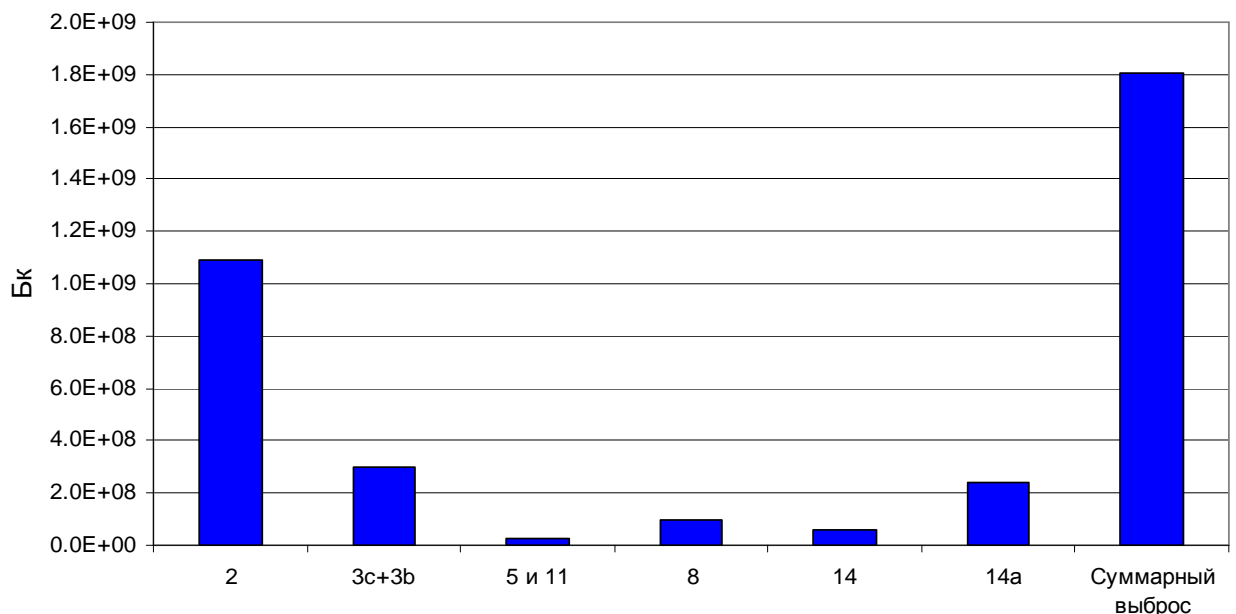


Рис. 34. Выбросы при выполнении стабилизационных мероприятий.

Видно, что наибольшие выбросы происходят при реализации стабилизационных мероприятий 2 и 3с+3б. Поскольку выполнение мероприятий по стабилизации будет занимать определенный временной период, были установлены среднесуточные выбросы для каждого мероприятия. Полученные данные представлены на рис. 35.



Основываясь на указанных данных можно заключить, что максимальный суточный выброс происходит при выполнении сварочных работ при реализации мероприятия № 14а, что свидетельствует о том, что максимум приземной концентрации радионуклидов следует ожидать при выполнении этих работ. Необходимо отметить, что максимальный суточный

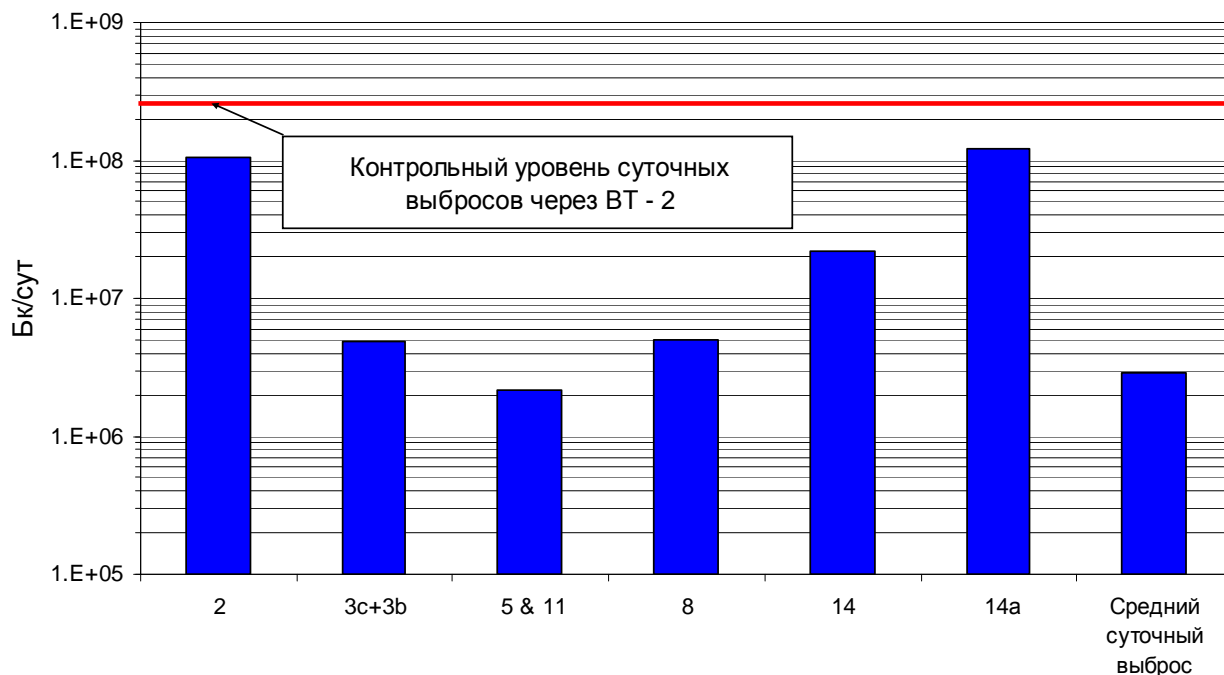


Рис. 35. Среднесуточные выбросы для различных мероприятий.

выброс (при реализации мероприятия № 14а приблизительно в два раза меньше контрольного уровня (КУ) выброса через ВТ-2, а среднесуточный выброс за время реализации всех стабилизационных мероприятий приблизительно в 90 раз меньше этого КУ).

Выполненные оценки влияния на окружающую среду показали, что при нормальных условиях выполнения работ привнесенное дополнительное количество радиоактивных веществ будет составлять доли процента от существующего загрязнения территории зоны отчуждения.

В частности, максимальное объемное загрязнение воздушной среды на расстоянии 30 км от объекта „Укрытие” (на границе зоны отчуждения) составит около 0,003 Бк/м<sup>3</sup> по <sup>137</sup>Cs, 0,002 Бк/м<sup>3</sup> по <sup>90</sup>Sr и 0,00016 Бк/м<sup>3</sup> по альфа-излучающим ТУЭ, что намного меньше допустимых концентраций.

Такая же ситуация характерна и для поверхностного загрязнения почвы на границе Зоны отчуждения, которое не превысит 1,5 Бк/м<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs, 1,7 Бк/м<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr и 0,035 Бк/м<sup>2</sup> по альфа-излучающим ТУЭ.

Влияние на водную среду, в частности р. Припять, также можно считать незначительным, поскольку годовой вынос радионуклидов рекой приблизительно в 5000 раз превышает общую величину выбросов, которые образуются при реализации стабилизации.

Наиболее возможным воздействием на растительный и животный мир будет поступление радионуклидов на прилегающие экосистемы близлежащих территорий. При этом суммарное среднесуточное количество активности при выбросе, продуцируемое стабилизационными мероприятиями, существенно меньше контрольных среднесуточных уровней выбросов радионуклидов через ВТ-2. Исходя из этого, можно сделать вывод, что радиационная составляющая не окажет влияния на естественный покров прилегающих территорий и фаунистические комплексы.

В ходе выполнения мероприятий по стабилизации не предусматривается проведение работ, способных прямо или косвенно повлиять на условия произрастания редких растений, занесенных в «Красную книгу Украины».

Влияния на объекты природно-заповедного фонда (ПЗФ) на территории зоны отчуждения, а также на районы естественных угодий, перспективных для заповедания, не будет из-за значительного удаления от объекта «Укрытие». Ближайший к объекту «Укрытие» из существующих на территории зоны отчуждения объектов ПЗФ находится на расстоянии 8 км.

Большой объем работ, который планируется осуществить при стабилизации конструкций объекта «Укрытие», обуславливает привлечение значительного количества дополнительного персонала, что может оказать опосредованное положительное воздействие на состояние социальной среды г. Славутич - города-спутника ЧАЭС.

Гарантированное обеспечение занятости для части населения при производстве работ на объекте «Укрытие», послужит одним из факторов, способствующим улучшению состояния социальной среды как для г. Славутич, так и части населения других регионов Украины.

Анализ возможных воздействий на персонал зоны отчуждения и население, проживающее за ее пределами, показал, что единственно возможным видом воздействия является радиационный фактор. Расчеты дополнительных дозовых нагрузок на персонал и население, обусловленные безаварийным выполнением работ по стабилизации объекта «Укрытие», свидетельствуют о пренебрежимо малом размере воздействий.

Таким образом, возможное влияние работ по стабилизации объекта «Укрытие» можно охарактеризовать как не представляющее угрозы для окружающей социальной среды.

С целью контроля уровней воздействий на окружающую среду, необходимо обеспечить выполнение следующих мероприятий:

наблюдения за поступлением радионуклидов в окружающую среду в ходе выполнения работ по стабилизации объекта «Укрытие» (радиационный мониторинг);

радиоэкологический контроль персонала, работающего в ближней и дальней зонах ЧАЭС.

Радиационный мониторинг природных сред, при проведении мероприятий по стабилизации объекта «Укрытие», должен обеспечивать получение достоверных данных о текущем радиационном состоянии компонентов среды, претерпевающих воздействия. На данный момент существующая сеть регламентного мониторинга, охватывающая большую часть территории зоны отчуждения, удовлетворительно обеспечивает репрезентативный радиоэкологический контроль текущего состояния компонентов окружающей среды. Учитывая уровни и интенсивность дополнительных воздействий при выполнении работ на объекте «Укрытие», можно заключить, что существующая система регламентного мониторинга является достаточной и отсутствует необходимость в ее расширении и внесении дополнений в существующий регламент.

Анализ влияний, связанных с потенциальными авариями, которые могут возникнуть в процессе осуществления деятельности по стабилизации показал, что максимальное дополнительное загрязнение почвы будет наблюдаться на расстоянии 1 км, но не превысит  $130 \text{ кБк/м}^2$  или 2 % от существующего уровня загрязнения. На границе зоны отчуждения величина дополнительного загрязнения в результате аварии составит приблизительно 4 % от существующего уровня. Индивидуальная эффективная доза потенциального облучения населения за пределами зоны отчуждения не превысит 1 мЗв, что ниже границы оправданности для принятия неотложных контрмер.

Учитывая статус и радиологические характеристики территории, которая может претерпеть дополнительное загрязнение вследствие потенциальной аварии при выполнении работ по стабилизации, а также учитывая то, что вероятность такого события на несколько порядков меньше вероятности обрушения объекта „Укрытие” в случае, когда его не усиливать, то выполнение стабилизационных мероприятий является оправданным.

### **Обращение с радиоактивными отходами**

В процессе выполнения стабилизации ожидается образование около 350 т твердых радиоактивных отходов (ТРО), главным образом низкоактивных. Основную часть отходов составят радиоактивно загрязненная почва, фрагменты бетона и строительный мусор. Относительно небольшая часть будет представлена фрагментами металлоконструкций. Не исключается также образование незначительного количества высокоактивных отходов (ВАО).

ТРО по виду радиоактивного загрязнения будут представлены как поверхностно загрязненными материалами (крупногабаритные фрагменты демонтированных конструкций и сооружений), так и объемно загрязненными (малогабаритные фрагменты и сыпучие материалы). В основном загрязнения определяются радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ .

Для обращения с отходами используется транспортно-технологическая схема, которая включает такие основные операции с ТРО: сбор, паспортизацию, транспортировку на захоронение или временное хранение. Эта схема максимально учитывает элементы существующей системы обращения с ТРО, которые образуются в процессе текущей эксплуатации объектов Чернобыльской АЭС.

Основные объемы сыпучих ТРО перевозятся навалом в спецавтомобилях с закрывающимися кузовами.

Малогабаритные ТРО в зонах их образования загружаются в первичные упаковки или контейнеры-сборники, которые впоследствии транспортируются на площадку сбора и погрузки РАО. На этой площадке осуществляется погрузка ТРО на спецавтотранспорт и их паспортизация перед отправкой на захоронение.

Крупногабаритные ТРО, размеры которых допускают их погрузку в кузов спецавтотранспорта, транспортируются на захоронение в закрытом кузове.

Крупногабаритные ТРО, размеры которых не позволяют их перевозку в закрытом кузове спецавтотранспорта, транспортируются на захоронение в открытом виде на полу-прицепе или площадке-трейлере с предварительным нанесением пылезакрепляющего состава на его поверхности.

Захоронение ТРО осуществляется в приповерхностном хранилище „Буряковка”, которое находится в зоне отчуждения.

В случае выявления ВАО, они передаются на временное хранение в хранилище на промплощадке Чернобыльской АЭС.

Образование жидких РАО при выполнении строительных работ обусловлено дезактивацией загрязненных транспортных средств, строительной техники, оборудования, средств индивидуальной защиты, а также санитарной обработкой персонала. Обращение с такими РАО осуществляется с использованием существующей инфраструктуры ЧАЭС и других объектов в зоне отчуждения.

## **9. Концептуальный проект НБК**

### **9.1. Цель создания и функции**

Создание нового безопасного конфайнмента (НБК) является основным этапом подготовки к преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему.

В соответствии с положениями Закона Украины «Об общих принципах дальнейшей эксплуатации и снятия с эксплуатации Чернобыльской АЭС и превращении разрушенного четвертого энергоблока этой АЭС в экологически безопасную систему» сооружение НБК должно обеспечить достижение следующих целей:

обеспечение защиты персонала, населения и окружающей среды от воздействия источников ядерной и радиационной опасности, связанных с существованием объекта «Укрытие»;

создание условий для осуществления практической деятельности по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, в частности для извлечения остат-

ков ядерного топлива и ТСМ, выполнения работ по демонтажу/усилению нестабильных конструкций объекта «Укрытие» и обращения с радиоактивными отходами.

Достижение указанных целей должно реализовываться путем предоставления сооружению НБК, его системам и элементам свойств выполнять определенные функции.

Поскольку защита человека и окружающей среды достигается, прежде всего, благодаря предотвращению распространения радиоактивных веществ и ионизирующих излучений за пределы НБК, то одной из основных является функция локализации.

Эта функция должна выполняться при условиях нормальной эксплуатации, нарушений нормальной эксплуатации, аварийных ситуаций и аварий и должна обеспечиваться:

целостностью ограждающих конструкций НБК в течение продолжительного периода эксплуатации (не меньше 100 лет);

предотвращением обрушения нестабильных конструкций объекта «Укрытие» путем их демонтажа или усиления на период, определенный условиями безопасной эксплуатации НБК;

ограничением поступления атмосферных осадков внутрь сооружения;  
защитой гидрогеологической среды от загрязнения радиоактивными веществами, находящимися в НБК;

ограничением распространения радиоактивных веществ внутри НБК.

Исходя из существующей радиационной обстановки за пределами объекта «Укрытие», и, учитывая целесообразность снижения радиационного воздействия только в зонах нахождения персонала, дополнительных требований к выполнению строительными конструкциями НБК функций экранирования не ставится. Экранирование (стационарное или мобильное) должно предусматриваться в зонах обслуживания конструкций и систем, а также выполнения других радиационно-опасных работ.

Другими функциями НБК являются функции технологического обеспечения и физической защиты.

Функция технологического обеспечения реализуется с помощью размещения и функционирования систем и элементов, а также создания соответствующих условий, необходимых для:

нормальной эксплуатации НБК;

демонтажа/усиления нестабильных конструкций объекта «Укрытие»;

обращение с РАО;

будущего извлечения ТСМ.

Функция физической защиты заключается в физической защите ядерных и радиоактивных материалов, находящихся на объекте «Укрытие». Она обеспечивается комплексом организационных и технических мероприятий, направленных на:

недопущение несанкционированного доступа к ТСМ и РАО и их использование;

своевременное выявление и прекращение действий, связанных с несанкционированной деятельностью с ТСМ и РАО;

реализацию мероприятий для функционирования системы гарантий МАГАТЭ.

Вышеупомянутые функции свидетельствуют о том, что НБК является многофункциональным объектом, проектирование которого требует учета многочисленных взаимосвязей между заново создаваемыми системами и элементами и существующими компонентами объекта «Укрытие».

Следует отметить, что уже вскоре после сооружения объекта «Укрытие», учитывая невысокие показатели надежности и долговечности его строительных конструкций, специалистами предлагались различные варианты создания дополнительных защитных инженерных барьеров, в частности в виде нового сооружения – так называемого «Укрытия-2».

Но наиболее системно и детально эта идея начала прорабатываться, начиная с 1998 г. при выполнении Плана осуществления мероприятий (ПОМ).

Международным консорциумом «Чернобыль» в составе Washington Group International, Inc (США), BNFL Engineering Ltd (Великобритания) и украинских организаций в составе Киевского института «Энергопроект» (КИЭП), Научно-исследовательского института строительных конструкций (НИИСК) и Института проблем безопасности атомных электростанций (ИПБ АЭС) был выполнен всесторонний анализ всех предыдущих технических решений, сформулированы концептуальные проектные критерии и требования к НБК, предложена стратегия его создания. Для дальнейшей проработки на стадии технико-экономического обоснования было предложено три варианта конфайнмента, имеющих приблизительно одинаковые показатели: РАМА, ДОК-КЕССОН и АРКА (рис. 36).

После дополнительного анализа этих вариантов при участии независимых украинских экспертов и Международной консультативной группы преимущество было отдано варианту «Арка».

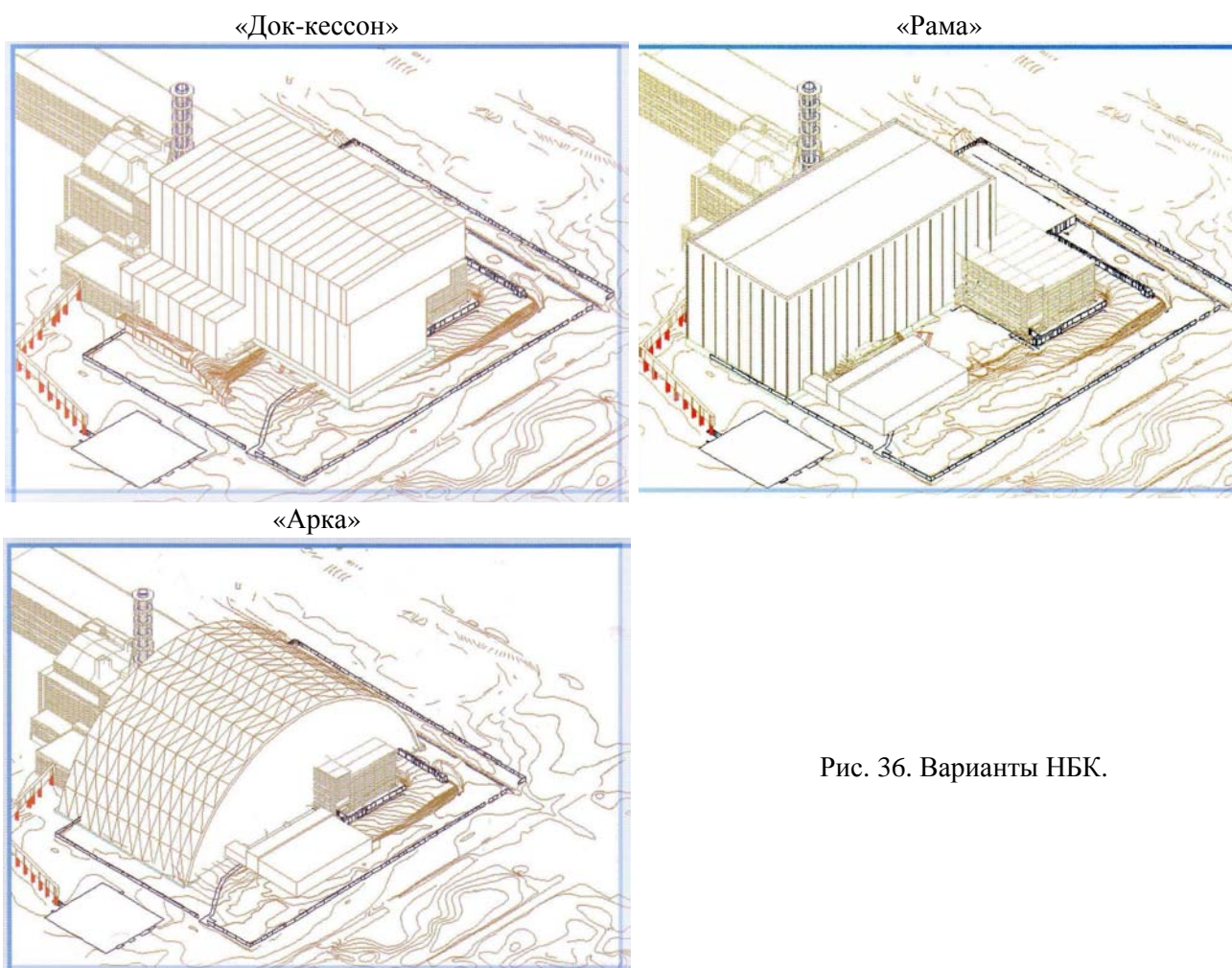


Рис. 36. Варианты НБК.

Правительственная Межведомственная комиссия по комплексному решению проблем Чернобыльской АЭС под председательством премьер-министра Украины приняла решение, нашедшее отображение в Протоколе № 2 от 12 марта 2001 г.: «С целью ускорения работ по преобразованию объекта «Укрытие» и с учетом настойчивых рекомендаций ЕБРР и независимых экспертов признать, как базовый, проект конфайнмента типа «Арка» с включением в него перспективных технических решений других проектов».

Постановлением Кабинета Министров Украины № 421 от 31.03.2003 г. установлен порядок реализации ПОМ на объекте «Укрытие», согласно которого проектирование НБК осуществляется в три стадии:

1 стадия - технико-экономическое обоснование (ТЭО) или концептуальный проект (КП) в соответствии с западной терминологией;

2 стадия - проект;

3 стадия - рабочая документация.

В 2003 г. Международным Консорциумом в составе Bechtel International Systems (США), Electricite' de France (Франция) и Battelle Memorial Institute (США) при участии КИЭП, НИИСК и ИПБ АЭС был разработан КП НБК, основные технические решения которого и обоснование безопасности приводятся ниже.

## 9.2. Конструктивные решения НБК

В соответствии с целью создания и выполняемыми функциями НБК в концептуальном проекте определены его основные объекты:

основное сооружение в виде ограждающей конструктивной оболочки;

технологический корпус, который располагается с западной стороны НБК;

вспомогательные сооружения и здания (канализационная насосная станция, контрольно-пропускные пункты для персонала и автотранспорта и т.п.).

Ограждающая оболочка выполнена в виде металлической конструкции арочного типа с торцевыми стенами. Арочная конструкция будет покрывать основную часть объекта «Укрытие» за исключением небольших участков деаэрационной этажерки и машинного зала, которые будут выступать снаружи через западную торцевую стену.

Западная торцевая стена опирается на собственный фундамент, а восточная – подвешивается к арочным конструкциям.

Геометрические размеры оболочки составляют: пролет - 257,44 м, ширина - 150 м, высота - 108,39 м. Общий вид НБК приведен на рис. 37.

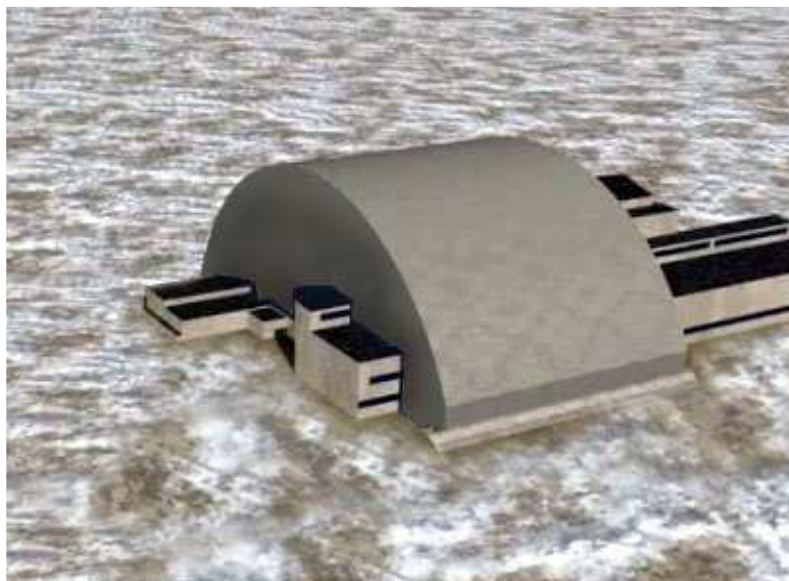


Рис. 37. НБК в проектном положении.

В соответствии с выбранными решениями арочная конструкция кругового контура состоит из несущих и ограждающих элементов:

основными несущими элементами являются фермы арочного типа, состоящие из ряда внутренних и внешних арок соединенных между собой. В зоне расположения кранового оборудования арочная конструкция усилена дополнительным горизонтальным поясом («затяжкой»);

ограждающие конструкции состоят из двух настилов (обшивок) – внешнего кровельного и внутреннего потолочного, которые крепятся к горизонтальным прогонам, которые в

свою очередь крепятся к поясам ферм. Расстояние между внешними и внутренними настилами – 12 м.

Арочная конструкция состоит из 13 плоских арок, шаг между ними – 12,5 м. Общий вид несущих конструкций оболочки НБК изображен на рис. 38.

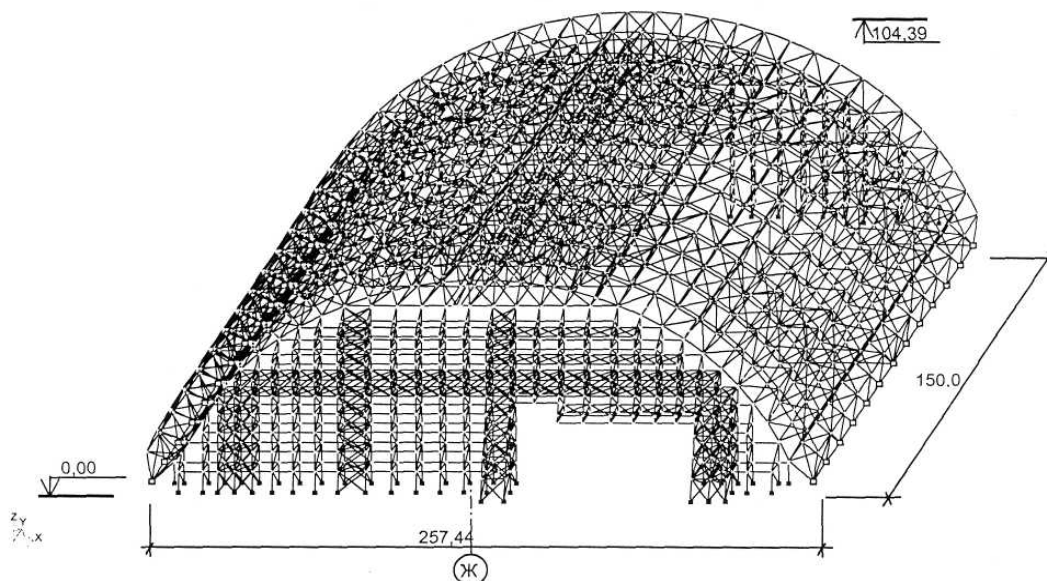


Рис. 38. Несущие конструкции оболочки НБК.

Фундамент арочной конструкции запроектирован для восприятия вертикальных и горизонтальных усилий и представляет собой фундамент глубокого заложения, объединенный на поверхности железобетонным ростверком. Для восприятия распора от арки в верхней части ростверка предусмотрена упорная конструкция.

Фундамент одного сегмента арки состоит из трех рядов по две глубокие опоры поперечным сечением 2,8 x 1,0 м, длиной 16 м, объединенных ростверком высотой 3,0 м и шириной 14,0 м.

Проектный срок эксплуатации НБК (не меньше 100 лет) достигается за счет:

- учета при проектировании экстремальных нагрузок и воздействий согласно требованиям действующих нормативных документов;

- применения материалов с повышенным коррозионным сопротивлением и с учетом действия радиационных факторов;

- выбора оптимального режима эксплуатации сооружения;

- конструктивных решений, обеспечивающих ремонтпригодность отдельных элементов сооружения.

Конструкция НБК предусматривает возможность последовательной замены кровельных и стеновых панелей в период эксплуатации и это не требует его частичного раскрытия. Замена панелей будет осуществляться с помощью экранированных платформ технического обслуживания, которые перемещаются по рельсам внутри и снаружи основных элементов арок.

Внутри основного сооружения НБК предусмотрено расположение таких основных производственных участков:

- раскладки демонтированных конструкций;

- первичной фрагментации демонтированных конструкций;

- временного хранения РАО в контейнерах.

Технологический корпус состоит из основного двухэтажного здания и пристроек к нему с северной, южной и западной сторон. Геометрические размеры основного здания составляют 65 x 52 м, высота помещений первого этажа - 11,6 м, второго - 8,4 м. Первый этаж оборудован двумя мостовыми кранами.

В технологическом корпусе располагаются центральный и местные щиты управления, системы вентиляции, электроснабжения и пожаротушения, участки дезактивации, вторичной фрагментации и упаковки, мастерская механического оборудования, цеха технического обслуживания, участок приготовления растворов пылеподавления, офисные помещения, саншлюзы.

В рамках КП (ТЭО) НБК выполнены прочностные расчеты ограждающей конструктивной оболочки и фундаментов НБК с учетом внешних воздействий, связанных с природными явлениями: сейсмические воздействия; ветровые нагрузки; снеговые нагрузки; смерчевые нагрузки; изменения температуры воздуха; воздействие молний; осадки.

Для сейсмических воздействий при расчете принимались следующие значения:

проектное землетрясение (раз в 100 лет) - 5 баллов по шкале MSK-64

максимальное расчетное землетрясение (раз в 10000 лет) - 6 баллов по шкале MSK-64.

Для ветровых нагрузок использовались следующие значения (согласно СНиП 2.01.07-85 и ПиНАЭ-5.6):

нормативное значение ветрового давления 0,3 кПа (30 кгс/м<sup>2</sup>);

расчетная нагрузка 0,42 кПа (42 кгс/м<sup>2</sup>),

экстремальная нагрузка 0,75 кПа (75 кгс/м<sup>2</sup>);

коэффициенты надежности по нагрузке 1,4 и 2,5 для расчетной и экстремальной нагрузок соответственно.

Для снеговых нагрузок использовались следующие значения (согласно СНиП 2.01.07-85 и ПиН АЭ-5.6, а также с учетом исторических климатологических данных на основании частоты повторения раз в 10000 лет):

нормативное значение массы снегового покрова 0,7 кПа (70 кгс/м<sup>2</sup>);

расчетная нагрузка 1,0 кПа (100 кгс/м<sup>2</sup>);

экстремальная нагрузка 2,1 кПа (210 кгс/м<sup>2</sup>);

коэффициенты надежности по нагрузке 1,4 и 2,0 для расчетной и экстремальной нагрузок соответственно.

Для смерчевых нагрузок расчет выполнен в соответствии с «Основными нормативными требованиями и расчетными характеристиками смерчей для площадки Чернобыльской АЭС», введенных приказом № 64 Госстроя Украины от 21 октября 2002 г.

В соответствии с НП 306.1.02/1.034-2000 вероятность реализации исходного события, приводящего к необходимости отселения населения при превышении расчетного класса смерча для вновь проектируемых объектов атомной энергетики, следует назначить равной  $P = 1 \cdot 10^{-6}$  /год, а для строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых объектов –  $P = 1 \cdot 10^{-5}$  - 1/год. Расчетные характеристики смерчей с указанной обеспеченностью для площадки ЧАЭС приведены в табл. 7.

Таблица 7. Расчетные характеристики смерчей

Характеристика	Для смерча с обеспеченностью $1 \cdot 10^{-5}$	Для смерча с обеспеченностью $1 \cdot 10^{-6}$
Расчетный класс вероятного смерча	1,5	3,0
Вероятность превышения, событие/год	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Максимальная скорость вращения воронки, м/с	50	81
Скорость поступательного движения смерча, м/с	12,6	20,3
Перепад давления между центром и периферией воронки, гПа	31,0	81
Длина пути прохождения смерча, км	5,0	28,6
Ширина пути прохождения смерча, км	0,05	0,29

Для характеристик температуры воздуха использовались следующие значения (согласно СНиП 2.01.07-85):



нормативное значение температуры: минимум  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; максимум  $+26\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

расчетное значение температуры: минимум  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; максимум  $+29\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

коэффициент надежности по нагрузке 1,1;

экстремальные значения температур (раз в 10000 лет): минимум  $-43\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; максимум  $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Воздействия молний предполагаются на уровне, при котором достаточной является система молниезащиты, соответствующая требованиям ПУЭ и "Инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений" (РД 34-21-122-87).

Для максимального количества осадков использовались следующие значения:

в среднем за 20-минутный период 31 мм;

экстремально за 20-минутный период (раз в 10000 лет) 72 мм;

экстремально в течение дня (раз в 10000 лет) 190 мм.

Прочностными расчетами подтверждено, что реализация предложенных конструктивных решений обеспечит устойчивость НБК при всех рассмотренных внешних воздействиях, связанных с природными явлениями. В частности, подтверждена устойчивость основных несущих конструкций и фундаментов НБК при смерче класса 3,0 и показано отсутствие при таком исходном событии необходимости эвакуации населения в соответствии с критериями НРБУ-97, НРБУ-97/Д-2000 и НП 306.1.02/1.034-2000.

При разработке КП (ТЭО) НБК были рассмотрены следующие внешние техногенные воздействия: взрыв; падение летательных аппаратов; пожар; исходные события, связанные с существующими объектами ЧАЭС.

Анализ воздействия на конструкции НБК от источников взрывов на площадке ЧАЭС и за ее пределами показал, что при таких исходных событиях нагрузки будут меньшими, чем ожидаемые при смерче.

Падение летательных аппаратов было исключено из рассмотрения в качестве проектной основы по следующим причинам:

в соответствии с национальными требованиями действующих в Украине нормативно-правовых документов такое исходное событие не рассматривается для объектов обращения с РАО и ТСМ, к которым относится объект "Укрытие" и, соответственно, НБК;

в зоне ЧАЭС предусмотрены согласованные с соответствующими ведомствами организационно-технические мероприятия, предотвращающие полеты летательных аппаратов;

на основании оценок, выполненных при проектировании других объектов на ЧАЭС, вероятность такого исходного события оценена на уровне  $1 \cdot 10^{-6}$ /год. Существующие оценки вероятности падения летательного аппарата на определенный объект для западно-европейских стран, где воздушное движение более интенсивно, чем в Украине, составляют  $< 10^{-7}$ /год. В соответствии с критериями, установленными в НРБУ-97, такое маловероятное инициирующее событие может не рассматриваться;

использование данного события в качестве проектной основы привело бы к значительному неоправданному увеличению стоимости и усложнению конструкции НБК.

В КП (ТЭО) НБК падение летательного аппарата рассмотрено как «запроектное» событие.

Выполненный на стадии предпроектных проработок анализ показал, что дополнительные воздействия, влияющие на проектные решения НБК, при внешних пожарах отсутствуют.

Анализ исходных событий, связанных с существующими объектами ЧАЭС, показал, что падение вентиляционной трубы ВТ-2 на НБК привело бы к разрушению несущих конструкций оболочки, а вероятность такого события выше, чем это допускают действующие нормативы. В связи с этим в КП (ТЭО) НБК сделан вывод о необходимости демонтажа вентиляционной трубы до начала надвигки НБК в проектное положение.

Аварийные ситуации на других объектах ЧАЭС (ЗПЖРО, ПКОТРО, ХОЯТ-1, ХОЯТ-2) не вызовут дополнительных нагрузок на НБК.

### 9.3 Системы НБК

В НБК предусмотрены такие основные системы, обеспечивающие его эксплуатацию:

крановое оборудование с комплектом технических средств для демонтажа нестабильных конструкций;

вентиляции;

пылеподавления;

дезактивации;

водоснабжения и канализации;

теплоснабжения и кондиционирования воздуха;

интегрированная система управления;

электроснабжения;

связи и промышленного телевидения;

противопожарной безопасности;

физической защиты;

обращения с твердыми и жидкими РАО.

В верхней части арочной конструкции располагаются четыре нестандартные трехопорные подвесные краны грузоподъемностью по 40 т. Краны устанавливаются на двух путях (северном и южном), по 2 крана на пути (рис. 39).

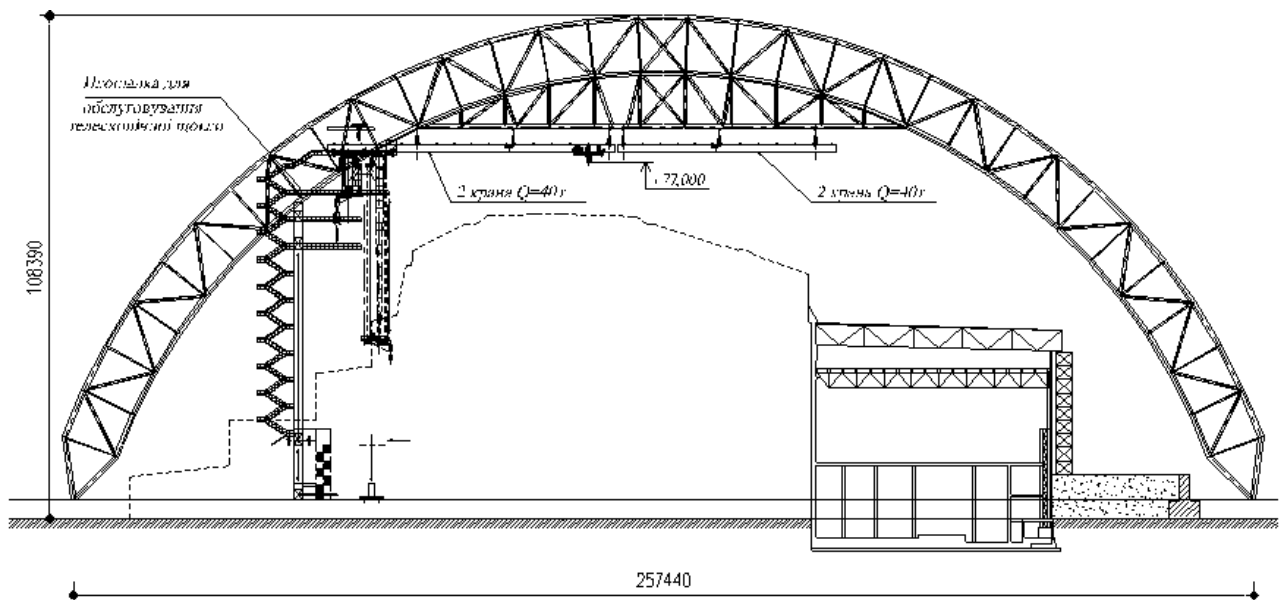


Рис. 39. Крановое оборудование НБК.

Длина моста (платформы) крана – 48 м, ширина – около 12 м, масса – приблизительно 90 т. Отметка верхней точки подъема крюка грузовой тележки – 77м.

Краны оснащены сменными тележками: грузовой, для защитного бокса, для платформы с телескопической мачтой. Предусмотрена возможность перемещения тележек с крана на кран, а также – перемещение одного из кранов на соседний путь для подъема особенно тяжелых грузов одновременно тремя кранами.

Двухавровые балки крановых путей прикреплены снизу к нижнему поясу несущих ферм арочного типа. Предусмотрены рабочие площадки для обслуживания тележек, ходовые мостики вдоль северной и южной сторон путей, лестница и лифт для подъема на площадку.

Пути расположены параллельно продольной оси конфайнмента (в направлении «восток-запад») и обеспечивают доступ к верхним конструкциям объекта «Укрытие» по всему пространству шириной более 96 м между северной контрфорсной стеной и балкой «Осьминог».

В основу проектирования вентиляции зданий и сооружений НБК положен принцип раздельной вентиляции необслуживаемых помещений и помещений периодического пребывания персонала (1-я и 2-я зоны), а также помещений постоянного пребывания персонала (3-я зона).

В концептуальном проекте не предусмотрена разработка отдельной системы дымоудаления, а также работа вентиляционных систем помещений 1-й и 2-й зон в условиях аварий с обрушением нестабильных конструкций. В условиях аварий с образованием пыли вентиляционные установки отключаются до оседания пыли и проведения мероприятий по пылеподавлению и дезактивации. После этого установки вентиляции возобновляют свою работу.

Для помещений участка раскладки демонтированных конструкций и камер дезактивации, размещаемых в основном сооружении (под «Аркой»), предусматривается отдельная вытяжная система вентиляции с собственными фильтрами аэрозольной очистки.

Кольцевое пространство между внутренней и внешней обшивками арки вентилируется отдельным подогретым потоком внешнего воздуха для предотвращения образования конденсата на стальных конструкциях и на внутренней оболочке арки. Воздух подогревается кондиционерами и подается в кольцевое пространство через приточные воздуховоды, расположенные внизу кольцевого пространства с южной и северной сторон. Через вытяжной воздуховод, расположенный в верхней части арки, воздух выбрасывается наружу без очистки, но с дозиметрическим контролем, контролем расхода воздуха и его скорости. Отделение вентиляции кольцевого пространства от пространства под аркой уменьшает загрязнение кольцевого пространства. Необходимость вентиляции пространства под аркой вызвана необходимостью исключить или максимально уменьшить возможность образования конденсата на конструкциях арки. Анализ и моделирование процессов, которые будут проходить в пространстве под аркой, показали, что для предотвращения конденсации необходимо обеспечить постоянное медленное движение воздуха.

В концептуальном проекте сформулирована такая стратегия организации пылеподавления:

а) на заключительном этапе строительства НБК (после его надвижки в проектное положение):

- использование существующей системы пылеподавления (СПП);
- создание мобильной СПП для распыления составов под аркой;
- создание нового участка для подготовки составов в технологическом корпусе.

б) во время демонтажа нестабильных конструкций:

- испытание и ввод в эксплуатацию новой СПП;
- использование не демонтированных частей существующей системы пылеподавления;

обеспыливание демонтированных элементов до транспортировки при помощи пылесоса на телескопической мачте;

использование мобильной системы пылеподавления для зон, в которых демонтирована существующая система как для местного, так и для общего подавления пыли;

использование мобильной СПП в период между демонтажем существующей СПП и демонтажем трубного наката;

превентивное пылеподавление в зоне конструкций, которые демонтируются и подлежат дальнейшей транспортировке.

в) после демонтажа нестабильных конструкций:

- использование мобильной СПП согласно технологическому регламенту НБК.

Дезактивация демонтированных конструкций позволяет перевести отходы в более низкую категорию, что значительно снизит стоимость работ по обращению с ними, включая их захоронение.

В КП выполнен анализ существующих технологий дезактивации, определены наиболее приемлемые технологии и методы дезактивации, а также необходимые и достаточные объемы дезактивации.

По предварительным оценкам определено, что дезактивация целесообразна для большей части демонтированных конструкций. Предусмотрена организация изолированного участка дезактивации размерами 65 x 26 м и высотой 12 м.

Поддержка температурных условий в помещениях НБК предусматривается при помощи систем вентиляции и систем водяного отопления, с питанием от системы теплоснабжения ЧАЭС.

В КП НБК рассмотрено две системы водоснабжения:

объединенная производственно-хозяйственно-питьевая, подключающаяся к сети противопожарно-хозяйственно-питьевого водопровода первой очереди строительства ЧАЭС;

противопожарная.

Система противопожарного водоснабжения предусмотрена автономной с собственным неприкасаемым запасом воды и группой противопожарных насосов. Источником противопожарного водоснабжения является система технического водоснабжения ЧАЭС с водой от пруда-охладителя.

Учитывая дефицит питьевой воды на площадке ЧАЭС, предусматривается проектирование двух артезианских скважин.

Подача горячей воды для нужд НБК запланирована от открытой системы горячего водоснабжения ЧАЭС.

Для обеспечения взаимодействия систем НБК и их эффективной работы с привлечением минимального количества оперативного персонала предусматривается создание интегрированной системы управления (ИСУ) НБК.

В ИСУ НБК полностью или частично войдут такие первичные системы:

контроля радиационной безопасности;

сейсмического контроля;

контроля состояния строительных конструкций;

вентиляции;

водоснабжения и канализации;

электроснабжения.

Системы пожарной безопасности и физической защиты полностью независимы от ИСУ.

Система контроля ядерной безопасности и система контроля состояния ТСМ в концептуальном проекте не разрабатывались. Этот вопрос должен решаться в рамках других проектов.

Электроснабжение НБК предусмотрено осуществить от двух независимых источников.

НБК предусмотрено оборудовать системами телефонизации, радиосвязи, поисковой связи и оповещения, промышленного телевидения.

В КП НБК определены основные подходы и решения относительно мероприятий по предотвращению возникновения пожара, планировочных решений НБК, сформулированы требования к устройству установок пожаротушения, противопожарного водоснабжения, систем оповещения, а также путей эвакуации и организационно-технических мероприятий по пожарной безопасности.

При разработке систем физической защиты учтены основные положения и технические решения, которые относятся к периоду эксплуатации НБК.

Вопрос физической защиты на период строительства с привязкой к существующей системе физической защиты ЧАЭС и объекта «Укрытие» должен рассматриваться на следующих стадиях проектирования.

Решения относительно необходимых для функционирования НБК внешних инженерных сетей: электроснабжения, связи, питьевого и пожарного водоснабжения, бытовой и ливневой канализации, отопления и их подключение в концептуальном проекте не рассматривались и переносятся на следующие стадии проектирования. Считается, что существующая и запроектированная в рамках ПОМ инфраструктура будет обеспечивать потребности НБК.

#### 9.4. Сооружение НБК

Для обоснования возможности осуществления строительства НБК в концептуальном проекте рассмотрены основные положения по организации строительства, как на этапе выполнения общих подготовительных работ, так и реализации комплекса строительно-монтажных работ по возведению собственно арочного сооружения, технологического корпуса и других вспомогательных зданий и сооружений.

Деятельность на подготовительном этапе охватывает широкий спектр работ по подготовке территории строительства и создания соответствующей инфраструктуры для обеспечения строительства НБК, в частности:

- демонтаж и извлечение различных сооружений, оборудования, конструкций и материалов, которые попадают в зону строительства;

- планировка территории строительной площадки, включающая большой объем работ по выполнению земляных работ в местах устройства фундаментов стационарного положения НБК, временных фундаментов на участке сборки арочных конструкций и на пути их перемещения в проектное положение;

- создание инженерных сетей для обеспечения выполнения строительно-монтажных работ и нужд временных зданий и сооружений электроэнергией, водой, теплом, канализацией и т.п.;

- создание дополнительных объектов для строительства (бетонный завод, арматурный цех, различные склады, офисы и другие временные здания и сооружения).

Общий подход к выбору технологий строительства НБК базируется на концепции минимального выполнения работ в радиационно-опасных условиях объекта «Укрытие», что предусматривает:

- изготовление элементов арочного сооружения на заводах Украины;

- доставка этих элементов на строительную площадку;

- укрупнительная сборка арочного сооружения на монтажном участке, расположенном на удалении от объекта «Укрытие»;

- перемещение арочного сооружения в проектное положение.

Арочная конструкция будет собираться отдельными секциями шириной 12,5 м.

Рассмотрено два способа сборки арочной конструкции.

Первый способ предусматривает сборку арочной конструкции при помощи крана грузоподъемностью 1600 т и двух кранов меньшей грузоподъемности.

Второй способ состоит в том, что сборка секций арочной конструкции выполняется путем использования специальных лебедок-подъемников.

Оба способа являются технически выполнимыми, но при этом второй способ имеет преимущество в том, что большую часть работ по сборке можно выполнить на уровне земли. Это повышает безопасность выполнения работ и их производительность. Поэтому, второму способу в концептуальном проекте отдано предпочтение.

На монтажном участке, кроме сборки арочных конструкций, выполняется монтаж отдельного технологического оборудования (в частности, подвесных кранов), а также элементов торцевых стен.

Перемещение арочного сооружения в проектное положение осуществляется при помощи буксирных домкратов и канатов (рис. 40). Эта операция выполняется после

демонтажа вентиляционной трубы ВТ-2, строительства технологического корпуса, устройства стационарных фундаментов арочной конструкции и торцевых стен.



Рис. 40. Перемещение арочной конструкции в проектное положение.

После установки арочного сооружения в проектное положение выполняется герметизация мест ее примыкания к существующим конструкциям объекта «Укрытие», завершается монтаж технологических систем внутри НБК, осуществляется их подключение к внешним инженерным сетям.

### 9.5. Обращение с РАО

Сооружение и дальнейшая эксплуатация НБК неразрывно связаны с деятельностью по обращению с РАО, включая ТСМ. Эта деятельность имеет свои особенности на каждом из этапов: строительство НБК, демонтаж нестабильных конструкций «Укрытия», будущее извлечение основной массы ТСМ и других РАО.

Предложенные в концептуальном проекте технические решения по обращению с РАО при строительстве НБК в своей основе опираются на такие предпосылки:

- максимальное использование существующей системы обращения с РАО на ЧАЭС и в зоне отчуждения;

- учет запланированных мероприятий по усовершенствованию существующей системы, которые будут осуществляться в рамках интегрированной программы обращения с РАО на ЧАЭС;

- контроль и учет ядерных материалов осуществляется с использованием существующей на ЧАЭС системы;

- обращение с ТСМ является прерогативой ЧАЭС, обращение со всеми другими РАО осуществляет Подрядчик по сооружению НБК;

- извлечению подлежат только РАО, находящиеся в зонах выполнения строительных работ. Для остальных РАО, в частности, локализованных в техногенном слое на территории, прилегающей к объекту «Укрытие», должна быть обеспечена возможность их отложенного извлечения на следующем этапе преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему.

Во время строительства основные объемы РАО будут образовываться при демонтаже или разборке различных объектов, попадающих в зону строительства (например, бермы пионерной стены, коммуникаций, построек, ограды и т.п.), а также при выполнении земляных работ в местах расположения фундаментов новых сооружений НБК.

Твердые РАО по виду радиоактивного загрязнения будут представлены как поверхностно загрязненными материалами (крупногабаритные фрагменты демонтированных конст-

рукций и сооружений), так и объемно загрязненными (мелкогабаритные фрагменты и сыпучие материалы). В основном загрязнение определяется радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238-241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ .

С учетом всех источников образования РАО общее их количество при строительстве НБК прогнозируется на уровне 110 тыс. м<sup>3</sup>. Преобладающее количество РАО будет относиться к категории низкоактивных, значительно меньшее (около 3 тыс. м<sup>3</sup>) – к среднеактивным. Предполагается, что объем высокоактивных РАО (ВАО) составит около 120 м<sup>3</sup>, однако эта цифра требует уточнения.

Общая схема обращения с РАО включает два уровня сортировки:

первичная сортировка на месте их образования с целью идентификации ТСМ и разделения остальных отходов по виду материалов (металл, бетон и другие) и геометрических размеров (крупно- и мелкогабаритные);

вторичная сортировка на специально оборудованной площадке для разделения на те, которые подлежат захоронению, и те, которые могут быть использованы для обратной засыпки котлованов в местах возведения фундаментов.

Хранение ВАО организует ЧАЭС в существующих хранилищах на промплощадке станции.

Образование жидких РАО при выполнении строительных работ обусловлено дезактивацией загрязненных транспортных средств, строительной техники, оборудования, средств индивидуальной защиты, а также санитарной обработкой персонала. Обращение с такими РАО планируется осуществлять с использованием существующей инфраструктуры ЧАЭС и других объектов в зоне отчуждения.

В результате деятельности по демонтажу нестабильных конструкций объекта «Укрытие», которая будет проводиться после ввода в эксплуатацию НБК, образуются радиоактивные отходы в форме фрагментов металлоконструкций, бетона и железобетона, а также строительного мусора. Общий объем этих отходов может достичь около 5 тыс. м<sup>3</sup>.

Для обращения с такими РАО в концептуальном проекте предусмотрена технологическая схема, включающая фрагментацию, сортировку, дезактивацию, контейнеризацию, временное хранение внутри НБК.

Реализация предложенной технологической схемы обусловила создание специальных участков для раскладки демонтированных конструкций, первичной фрагментации, дезактивации и первичного радиационного контроля, вторичной дезактивации, контейнеризации и вторичного радиационного контроля (паспортизации), временного хранения РАО в контейнерах.

Схема обращения с жидкими РАО, которые будут образовываться в процессе демонтажных работ, предусматривает их сбор в специальный резервуар с последующей передачей в штатную систему обращения с такими отходами ЧАЭС.

Вопросы будущего обращения с основной массой ТСМ и других РАО, которые образуются на следующем этапе преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, в концептуальном проекте не рассматривались. Считается, что наличие основного грузоподъемного оборудования и значительный резерв производственных площадей после завершения работ по демонтажу нестабильных конструкций объекта «Укрытие» создаст надлежащие условия для осуществления этой деятельности. Справедливость этого утверждения требует обоснования на стадии рабочего проектирования НБК.

## 9.6. Обеспечение ядерной безопасности

Обеспечение ядерной безопасности при сооружении и эксплуатации НБК заключается в создании и/или поддержании условий, направленных на предотвращение возникновения СЦР.

Известно, что возникновение СЦР возможно при залипании водой ядерно-опасных композиций ТСМ, которые существуют на объекте «Укрытие», а также тех, которые могут образоваться в случае неконтролируемых перемещений ТСМ.

При осуществлении строительства НБК и последующего демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» не планируется масштабная деятельность по обращению с ТСМ. Предусматривается выполнение только небольшого объема работ по сбору, контейнеризации и передачи на временное контролируемое хранение ТСМ, которые могут образоваться в процессе выполнения указанных работ. Возникновение СЦР в результате этой деятельности практически невозможно, принимая во внимание количество ТСМ, с которыми будут осуществляться технологические операции, а также наличие барьеров безопасности, обусловленных небольшими геометрическими размерами контейнеров, контролем содержания ядерно-опасных делящихся материалов и др.

Во время выполнения работ по строительству НБК и демонтажу нестабильных конструкций на состояние ядерной безопасности потенциально могут влиять такие факторы:

- создание дополнительных путей и увеличение объема поступления воды в ядерно-опасные скопления ТСМ;
- нарушение функций контроля состояния ТСМ и поддержания их в подкритическом состоянии;
- неконтролируемое перемещение ТСМ (вследствие обрушения конструкций объекта «Укрытие») с образованием новых ядерно-опасных композиций.

Для снижения риска реализации неблагоприятных факторов в концептуальном проекте предложены конкретные организационно-технические мероприятия. В частности, для снижения риска неконтролируемого перемещения ТСМ предусматривается что:

- мероприятия по стабилизации конструкций объекта «Укрытие» будут закончены к началу строительства конфайнмента;
- конструкции НБК будут запроектированы в соответствии с критериями и требованиями, предъявляемыми к объектам с ядерно-радиационными технологиями;
- значительная часть строительно-монтажных работ будет выполняться на безопасном удалении от объекта «Укрытие», что исключает непосредственное механическое воздействие на него.

В целом при сооружении НБК с учетом предусмотренных мероприятий ядерная безопасность будет обеспечена на уровне, не ниже существующего на нынешнем этапе текущей эксплуатации объекта «Укрытие». При выполнении демонтажных работ (после ввода в эксплуатацию НБК) уровень ядерной безопасности будет существенно повышен.

### **9.7. Обеспечение радиационной безопасности**

В концептуальном проекте мероприятия по обеспечению радиационной безопасности разрабатывались с учетом того, что строительство и эксплуатация НБК будут осуществляться как деятельность с открытыми источниками ионизирующих излучений.

Для обеспечения радиационной безопасности предусматривается реализация комплекса организационных, радиационно-гигиенических и технических мероприятий.

Организационные мероприятия, общие для всех видов деятельности и включают: подготовку персонала, планирование работ, организацию безопасного выполнения работ, контроль и надзор.

Запланированные основные радиационно-гигиенические и технические мероприятия противорадиационной защиты на этапе строительства конфайнмента мало чем отличаются от аналогичных мероприятий, осуществляющихся при стабилизации строительных конструкций объекта «Укрытие», и предусматривают:

- организацию санитарно-пропускного режима;
- зонирование мест выполнения работ;
- применение средств индивидуальной защиты;
- дозиметрический контроль;
- медицинские услуги и реабилитацию;
- пылеподавление;



дезактивацию;  
защиту расстоянием;  
экранирование.

Из перечисленных мероприятий наиболее эффективной для предотвращения облучения строительного персонала является защита расстоянием, осуществление которой достигается благодаря:

расположению участка по укрупнительной сборке арочных конструкций на удалении от объекта «Укрытие» (около 200 м);  
выполнению части трудоемких операций за пределами строительной площадки и зоны отчуждения.

Коллективная эффективная доза персонала при сооружении НБК, которая предварительно оценена в концептуальном проекте с учетом реализации предложенных мероприятий, составила величину до 250 чел.-Зв. Эта оценка требует уточнения на стадии рабочего проектирования.

По окончанию строительства и ввода в эксплуатацию НБК будут созданы соответствующие условия для повышения уровня противорадиационной защиты. В частности, большинство технологических операций по демонтажу нестабильных конструкций объекта «Укрытие» предполагается выполнять при помощи дистанционно управляемого оборудования. Будут использоваться эффективные способы стационарного и мобильного экранирования. Минимизации радиационного воздействия на персонал будет способствовать функционирование систем НБК: вентиляции, пылеподавления, дезактивации и других.

Кроме разработки мероприятий противорадиационной защиты в условиях нормального выполнения запланированных работ, когда облучение персонала рассматривается как текущее, в концептуальном проекте выполнен также анализ потенциального облучения персонала и населения в результате возможной реализации критических событий (аварий).

Для этапа строительства НБК (до его перемещения в проектное положение) проанализированы такие критические события, которые могут привести к потенциальному облучению персонала и населения:

пожар на объекте «Укрытие» вследствие ошибки персонала/отказа оборудования;  
обрушение объекта «Укрытие» вследствие ошибки персонала/отказа оборудования;

обрушение объекта «Укрытие» вследствие экстремального ветра.

Потенциальное облучение в случае реализации этих критических событий обусловлено ингаляционным поступлением в организм радиоактивных аэрозолей.

Установлено, что наихудшие радиационные последствия могут быть в случае обрушения объекта «Укрытие» в результате падения на него монтажного крана или груза, независимо, связано ли это с ошибкой персонала, или с отказом оборудования. Вероятность реализации этого критического события оценена величиной  $1,2 \cdot 10^{-3}$ . Индивидуальная доза потенциального облучения персонала, который будет находиться в аэродинамической тени объекта «Укрытие» в течение времени существования радиоактивного облака, может составить около 58 мЗв. Индивидуальная доза для населения за границами 30-километровой зоны отчуждения не превысит 0,1 мЗв (при условии, что учитывается только ингаляционная составляющая дозы).

Для этапа эксплуатации НБК проанализированы такие критические события, которые могут привести к потенциальному облучению персонала и населения:

пожар на объекте «Укрытие» со значительным снижением противопожарной защиты вследствие ошибки персонала;

обрушение объекта «Укрытие» (без повреждения ограждающих конструкций НБК) вследствие землетрясения с потерей электроснабжения в процессе демонтажа его нестабильных конструкций;

невозможность закрытия грузовых ворот вследствие ошибки персонала/отказа оборудования в случае обрушения объекта «Укрытие».

Поскольку данные критические события происходят после перемещения НБК в проектное положения, то образующиеся радиоактивные аэрозоли рассеиваются внутри конфайнмента. Со временем часть аэрозолей поступит в окружающую среду, остальная часть – осядет внутри сооружения. Ограничение выхода радиоактивных веществ в окружающую среду обеспечивается путем прекращения вентиляции арочного пространства.

Как показал выполненный анализ, критическое событие, связанное с обрушением объекта «Укрытие» вследствие землетрясения с потерей электроснабжения в процессе демонтажа его нестабильных конструкций, может иметь наихудшие радиационные последствия. При потере электроснабжения может произойти отказ системы управления НБК, в результате чего заслонки вентиляционной системы останутся открытыми. Это приведет к увеличению воздухообмена с окружающей средой до 200 % объема НБК в сутки и соответствующему ускоренному падению концентрации радиоактивных аэрозолей внутри конфайнмента. Вероятность реализации этого критического события оценена величиной  $10^{-4}$ .

Индивидуальная доза потенциального облучения персонала, который будет находиться внутри НБК, может составить около 44 мЗв (за максимальное время, необходимое для эвакуации персонала – 20 мин). Ингаляционная составляющая индивидуальной дозы для населения за границами 30-километровой зоны отчуждения не превысит 0,001 мЗв.

Приведенные вероятности критических событий и дозы потенциального облучения персонала и населения во время строительства НБК и демонтажа нестабильных конструкций объекта «Укрытие» являются приемлемыми и соответствуют требованиям санитарного законодательства.

В концептуальном проекте предложены организационные и технические мероприятия по снижению вероятности реализации критических событий, а также по минимизации возможных радиационных последствий.

### 9.8. Оценка воздействий на окружающую среду

В концептуальном проекте выполнено экологическое обоснование необходимости сооружения НБК путем сравнительного анализа радиационных воздействий на окружающую среду вследствие обрушения объекта «Укрытие» для двух различных ситуаций: в случае отсутствия конфайнмента и под его защитной оболочкой.

Были определены те компоненты окружающей природной среды, воздействие на которые может быть наиболее чувствительным: грунт, водная и воздушная среда.

Выполненный анализ засвидетельствовал, что в случае обрушения объекта «Укрытие» без конфайнмента дополнительное поверхностное загрязнение грунта на границе зоны отчуждения составит от 30 до 100 % от существующего. Вместе с тем аналогичное загрязнение в результате обрушения объекта «Укрытие» внутри НБК будет на порядок меньше и не превысит 10 %.

Воздействие на поверхностные воды будет определяться прямыми атмосферными выпадениями на водную поверхность р. Припять и ее пойму вблизи объекта «Укрытие» с последующим попаданием радионуклидов в Днепр.

Для варианта обрушения объекта «Укрытие» без конфайнмента наибольшая концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в воде в районе Киевского водохранилища будет составлять  $684 \text{ Бк/м}^3$ ,  $^{137}\text{Cs}$  –  $455 \text{ Бк/м}^3$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  – не более  $1 \text{ Бк/м}^3$  по каждому из радионуклидов. В случае обрушения объекта «Укрытие» внутри НБК величины дополнительного загрязнения будут на порядок меньше.

Моделирование воздействия на подземные воды выполнено с учетом того, что основным источником загрязнения является инфильтрация воды из помещения 001/3

объекта «Укрытие». Для  $^{90}\text{Sr}$ , имеющего высокую миграционную способность, получены такие результаты:

при обрушении объекта «Укрытие» без конфайнмента, концентрация  $^{90}\text{Sr}$  больше  $4 \cdot 10^9$  Бк/м<sup>3</sup> будет наблюдаться на расстоянии меньше 100 м от источника сброса, а уровень концентрации 100 Бк/м<sup>3</sup> будет достигнут на расстоянии 600 м. Поле загрязнения достигнет р. Припять через 800 лет, но при этом концентрация  $^{90}\text{Sr}$ , в связи с радиоактивным распадом, снизится практически до нуля;

при обрушении объекта «Укрытие» внутри НБК воздействие на подземные воды будет практически отсутствовать.

С учетом выполненных оценок в концептуальном проекте сделан вывод, что экологический риск от строительства НБК значительно ниже, чем риск обрушения объекта «Укрытие» в случае отказа от такого строительства.

В КП НБК частично приведены оценки воздействий деятельности по строительству конфайнмента на техногенную и социальную среды, но они требуют значительной доработки на стадии рабочего проектирования.

### 9.9. Нерешенные проблемы

В концептуальном проекте в целом продемонстрирована возможность достижения поставленных целей создания НБК.

Кабинет Министров Украины своим Распоряжением № 443-р от 5 июля 2004 г. утвердил концептуальный проект конфайнмента. Вместе с тем, в Распоряжении указывается на необходимость учета рекомендаций Центральной службы Укринвестэкспертизы в процессе разработки проекта строительства НБК.

Основными нерешенными проблемами на этапе концептуального проектирования являются:

неопределенность отдельных проектных критериев и требований к конструкциям и системам НБК;

отсутствие технических решений по обращению с ТСМ на следующем этапе преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, что предусматривает сбор, кондиционирование и контролируемое хранение основной массы ТСМ;

недостаточная взаимосвязь и сочетание существующих систем объекта «Укрытие», ЧАЭС и новых систем НБК, особенно учитывая различные сроки их эксплуатации;

отсутствие анализа надежности и долговечности строительных конструкций объекта «Укрытие», которые будут интегрированы в систему ограждающих конструкций НБК;

отсутствие прогноза изменений радиационных параметров НБК на всех этапах его функционирования (мощность дозы, загрязнение поверхностей конструкций и т.п.).

Нынешний статус деятельности по созданию НБК характеризуется началом выполнения подготовительных работ на будущей площадке строительства, а также проведением тендера на определение Подрядчика на проектирование и строительство конфайнмента.

Проектные работы планируется начать в 2006 г. Завершение строительства НБК прогнозируется не ранее 2010 г.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пазухин Э.М.* Лавообразные топливосодержащие массы 4-го блока Чернобыльской АЭС: топография, физико-химические свойства, сценарий образования // *Радиохимия.* – 1994. - Т. 36, вып. 2. - С. 97 - 142.
2. *Ракитская Е.М., Панов А.С.* Поведение диоксида урана в различных газовых средах // *Атомная энергия.* – 2000. - Т. 89, вып. 5. - С. 372 - 376. 3.
3. *Изучение физико-химических свойств ядерноопасных делящихся материалов объекта «Укрытие», в том числе тех, которые влияют на степень ядерной, радиационной и радиозоологической безопасности объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля.* – 2003. - Вып. 12. - С. 198 - 212.

4. *Баряхтар В.Г., Гончар В.В., Жидков А.В., Ключников А.А.* О пылегенерирующей способности аварийного облученного топлива и лавообразных топливосодержащих материалов объекта «Укрытие». - Чернобыль, 1997. - 20 с. - (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 97-10).
5. *Пазухин Э.М., Боровой А.А., Рудя К.Г.* О возможности разрушения лавообразных топливосодержащих материалов 4-го блока Чернобыльской АЭС под действием внутреннего самооблучения от источников альфа-частиц // *Радиохимия.* – 2003. - Т. 44, вып. 6. - С. 558 - 563.
6. *Жидков А.В.* Топливосодержащие материалы объекта «Укрытие» сегодня: актуальные физические свойства и возможность прогнозирования их состояния // *Проблемы Чернобиля.* - 2001. - Вип. 7. - С. 23 - 40.
7. *Експериментальне* визначення розподілу за розмірами пилових частинок, що генеруються поверхнею опроміненого палива та лавоподібних паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» // *Проблеми Чернобиля.* - 2003. - Вип. 12. - С. 62 - 68.
8. *Руденко Л.И., Хан В.Е* Мембранные методы очистки жидких радиоактивных отходов из объекта «Укрытие» и грунтовых вод от радионуклидов // *Доп. НАН України.* – 2004. - № 10. - С. 203 – 207.
9. *Панасюк Н.И., Скорбун А.Д. Подберезный С.С., и др.* Подсчет количества радионуклидов в донных осадках помещения 001/3 объекта «Укрытие» // *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чернобиля.* – 2005. - Вип. 2 – С. 46 - 48.
10. *Експериментальне* визначення морфології та генезису пилових часток, що генеруються поверхнею опроміненого палива та лавоподібних паливовмісних матеріалів об'єкта «Укриття» // *Проблеми Чернобиля.* – 2004. - Вип. 14. - С. 59 - 64.
11. *Решение* НТС Минатомэнергопрома СССР от 15.03.1991 г. Принципиальные подходы к вопросу преобразования объекта «Укрытие» в долговременную, неизменяющую экологически безопасную систему. Утверждено Министром СССР Коноваловым В.Ф. Москва.
12. *Описание* объекта «Укрытие» и требования к его преобразованию. К.: Наук. думка, 1992. - С. 48.
13. *Chernobyl Unit 4 – Short and Long Term Measures – Final Report.* Tacis Services DgIA, European Commission, Brussels, November 1996.
14. *Chernobyl Unit 4 – Shelter Implementation Plan, Version 3.0, 31.05.97.* The EC – Tacis Safety Programme and the US-DoE-INSP Programme, 243 p.
15. *Анализ* текущей безопасности объекта «Укрытие» и прогнозные оценки развития ситуации: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Арх. № 3836. – Чернобыль, 2001. - С. 350.
16. *Информационно-аналитический обзор* материалов Концептуального проекта (технико-экономического обоснования) нового безопасного конфайнмента / Минтопэнерго Украины, ГНТЦ СКАР. - К., 2004. - С. 72.
17. *Описание* объекта «Укрытие» и требования к его преобразованию. – К.: Наук. думка, 1992. - 48 с.

Поступила в редакцию 20.07.05

## **1 СУЧАСНИЙ СТАН ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ"**

**О. О. Ключников, В.О.Краснов, В. М. Рудько, В. М. Щербін**

Представлено результати досліджень за станом паливовмісних матеріалів і прогноз їх поведінки в майбутньому, за характеристиками аерозолів, механізмами утворення рідких радіоактивних відходів, радіаційною обстановкою на проммайданчику і монтажному майданчику нового безпечного конфайнмента, а також аналіз впливу об'єкта «Укриття» на навколишнє середовище. Описано стан будівельних конструкцій об'єкта «Укриття». Розглянуто підготовку та реалізацію міжнародних проектів по перетворенню об'єкта «Укриття» на екологічно безпечну систему, зокрема плану здійснення заходів на об'єкті «Укриття» (SIP).

## **1 CURRENT STATE OF "UKRYTTYA" OBJECT**

**O. O. Klyuchnykov, V.O.Krasnov, V. M. Rudko, V. M. Shcherbin**

This monograph summarizes the materials pertaining to "Ukryttya" Object state. The results of researches of fuel containing materials conditions and of forecast of their future behavior are demonstrated, aerosol characterizations, mechanisms of production of liquid radioactive waste, radiation conditions at SO industrial site and NSC assembly site, as well as analysis of "Ukryttya" Objects environmental impact, are performed. The conditions of "Ukryttya" object' building structures are described. Preparation and realization of international projects for conversion of "Ukryttya" object into an ecologically safe system, including the "Ukryttya" Implementation Plan (SIP), are considered