

ОБЗОРЫ

УДК 621.039.58

НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ САРКОФАГА НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Сивинцев Ю.В.

На Украине растет число заявлений официальных лиц об увеличивающейся угрозе разрушения объекта «Укрытие» (или – по укоренившемуся в западной печати журналистскому термину – Саркофага) на Чернобыльской АЭС из-за возможного обрушения его стальных и бетонных опор. Последнее такое заявление сделал зам. директора 4-го блока ЧАЭС А.Корнеев. «Это не перекрытие, – сказал он, – а опоры, состояние которых ухудшается с каждым днем. Им уже 11 лет, а мы не имеем денег на их ремонт. Серьезных изменений, однако, не обнаружено» [1]. Другие официальные лица настроены еще более пессимистично относительно состояния перекрытия. Зам. директора ЧАЭС В.Купный, ответственный за Саркофаг, заявил, что «эксперты теперь не догадываются, а знают о существовании ряда проблем» [2]. По его мнению, «исследования прошлого года выявили ослабление перекрытия железобетонного «Укрытия», а поддерживающие его балки находятся в катастрофическом состоянии. По последним данным, количество радиоактивной пыли в зале разрушенного ядерного реактора больше, чем оценивалось ранее. Наибольшая опасность состоит, однако, в возможности того, что крыша укрытия рухнет, вызвав возникновение облака радиоактивной пыли, которая поразит персонал на станции и в 30-километровой зоне». Он добавил, что «ни одно из доступных в настоящее время решений по стабилизации укрытия не может быть осуществлено без работы персонала в интенсивных полях излучений. Хотя новая техника разрабатывается, отсутствие адекватного финансирования исключает возможность обеспечения достаточной защиты персонала во время будущих работ» [1, 2]. Еще одна проблема состоит в том, что в 1997 г. более 4 тыс. т радиоактивной воды было откачано из турбинного зала для очистки ее на самой станции. Однако для дезактивации больших количеств воды, содержащих высокие концентра-

ции трансурановых элементов (ТУЭ), необходимы более эффективные методы, чем применяемые на ЧАЭС. В заключение В. Купный указал, что неадекватная информация о фактическом положении в большом количестве помещений препятствует работам по приспособлению системы предупреждения пожара к условиям объекта «Укрытие» [1].

Немного истории

Объект «Укрытие» был сооружен в соответствии с решением Правительственной комиссии о долговременной консервации аварийного 4-го энергоблока ЧАЭС, принятым в середине мая 1986 г. В июне того же года ВНИПИЭТ был назначен генпроектировщиком по дезактивации оборудования промплощадки ЧАЭС, захоронению твердых радиоактивных отходов и по захоронению 4-го блока. Вопреки удивительно широку распространенным представлениям главной целью этой работы было не снижение выброса радионуклидов в окружающую среду, а возведение экранирующей защиты от проникающих излучений, улучшение радиационной обстановки для персонала и создание допустимых условий, позволяющих возобновить эксплуатацию первых двух и, возможно, 3-го энергоблоков ЧАЭС (блоки 4 и 3 имели ряд общих систем, и в результате взрыва 4-го реактора 3-ий блок подвергся особенно большим радиоактивным загрязнениям). При возведении Саркофага, конечно, принимался также во внимание значительный социально-психологический эффект от создания дополнительных защитных барьеров и системы фильтрации радиоактивного выброса из аварийного энергоблока.

Выбранный из 18 вариантов проект сооружения Саркофага предусматривал создание защитных стен из бетона по периметру 4-го блока и перекрытия над ними из металлических труб. В результате концентрации сил на поставленной

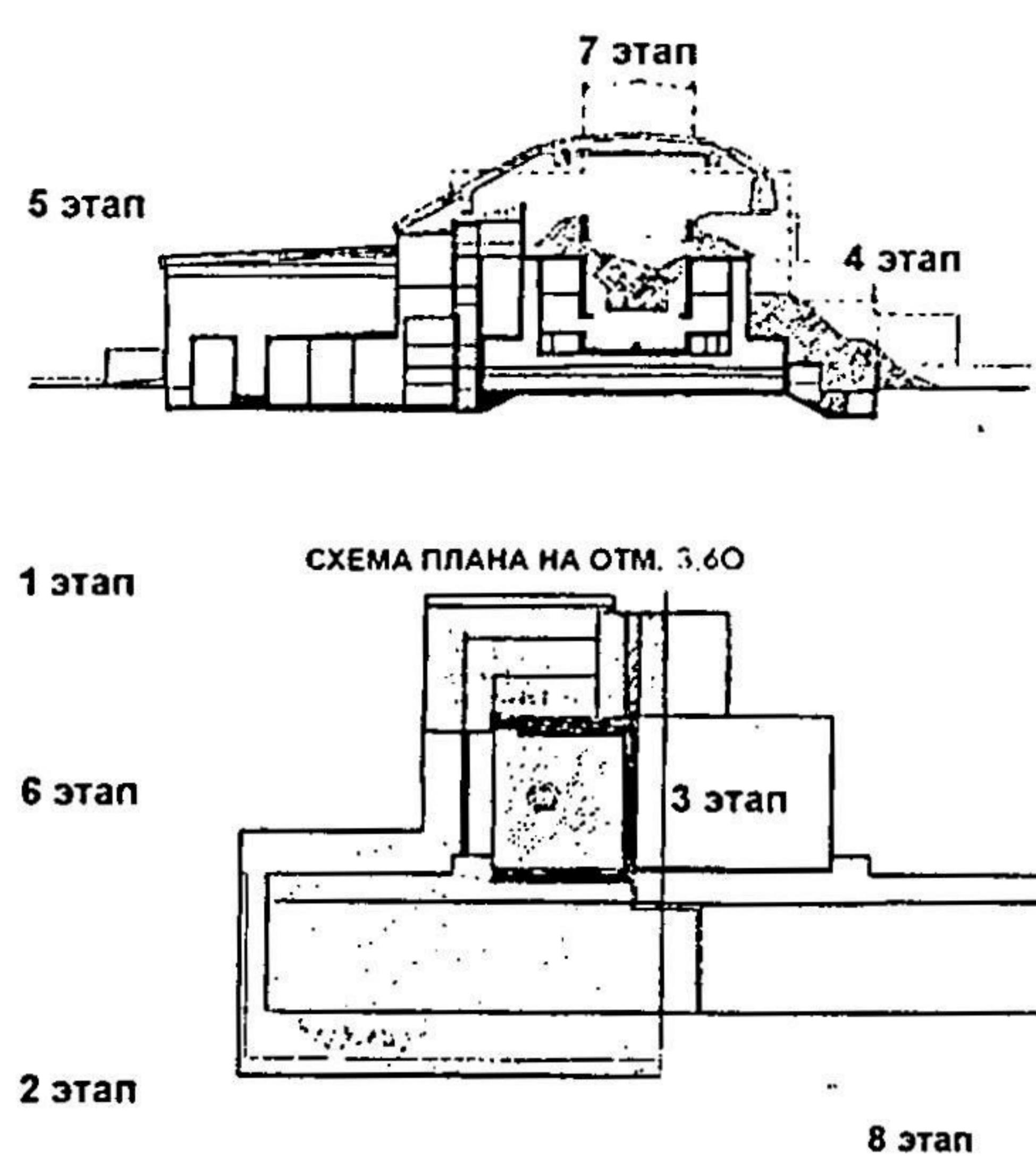


Рис. 1. Этапы создания Саркофага: 1 – очистка и бетонирование территории вокруг 4 блока; 2 – возведение защитных стен по периметру; 3 – выполнение разделительных стен между 4 и 3 блоками; 4 – возведение каскадной стены; 5 – покрытие машзала; 6 – монтаж высотной контрфорсной стены; 7 – выполнение опор и монтаж покрытия реакторного блока; 8 – монтаж вентсистем и контрольно-измерительных коммуникаций и приборов

задаче, прекрасной организации и привлечения больших контингентов специалистов (в наиболее напряженные моменты на сооружении Саркофага круглосуточно работало до 11 тыс. чел., в основном сотрудников Минсредмаша) объект «Укрытие» был сооружен за 5,5 месяцев – с мая по ноябрь 1986 г. За это время было уложено более 400 тыс. т бетона, использовано 600 тыс. м³ щебня, смонтировано более 700 тыс. т. металлоконструкций [3, 4].

Создание объекта «Укрытие» было разбито на 7 последовательных этапов, первым из которых была очистка и бетонирование территории вокруг 4-го блока для обеспечения приемлемой радиационной обстановки. В ходе второго и третьего этапов были возведены защитные («пионерные») стены по периметру 4-го блока и разделительная бетонная стена между 4-м и 3-м блоками. Это обеспечило доступ строителей к развалам и работу без превышения допустимых доз (1 Р в день и не более 25 Р за все время пребывания в Чернобыле), а также снизило уровни облучения в помещениях 3-го блока в 1000 раз, что позволило приступить к их дезактивации. На следующих этапах (рис. 1) были возведены каскадная и высотная контрфорсная стены, сооружено покрытие машинного зала, укреплены или изготовлены опоры и осуществлен монтаж перекрытия реакторного блока. На последнем этапе были смонтированы принудительная вентиляция (эксплуатация которой была признана излишней)

и ряд контрольно-измерительных систем с соответствующими коммуникациями. В результате проведения этих работ сооружение Саркофага было завершено (рис. 2). Радиационная обстановка после его сооружения (рис. 3) позволила провести дезактивацию остальных блоков ЧАЭС и возобновить их эксплуатацию. Государственная комиссия, назначенная распоряжением Совета Министров СССР, приняла 30 ноября 1986 года законсервированный 4-ый энергоблок ЧАЭС. Согласно «Технологическому регламенту технического обслуживания законсервированного 4-го энергоблока ЧАЭС» функции эксплуатирующей организации, несущей непосредственную ответственность за безопасность, были возложены на ЧАЭС [4].

Объект «Укрытие» отделен от 3-го энергоблока бетонной разделительной стеной. С севера разрушенный блок выгорожен бетонной каскадной стеной, с запада – металлической контрфорсной стеной высотой 50 м. Над разрушенными конструкциями центрального зала смонтировано перекрытие из трубного наката по металлическим балкам Б-1 и Б-2, которые опираются на сохранившиеся шахты и деформированную стену по оси 50. Остальной объем закрыт металлическими щитами («ключками»), для которых опорами являются огромные промежуточные балки: металлическая «Мамонт», длиной 74 м и массой 172 т по оси В, и заполненная бетоном балка-короб «Осьминог» из металлических профилей, длиной около 100 м и массой более 180 т по оси Б. Эти балки опираются на завалы из строительных конструкций деаэраторной эта-

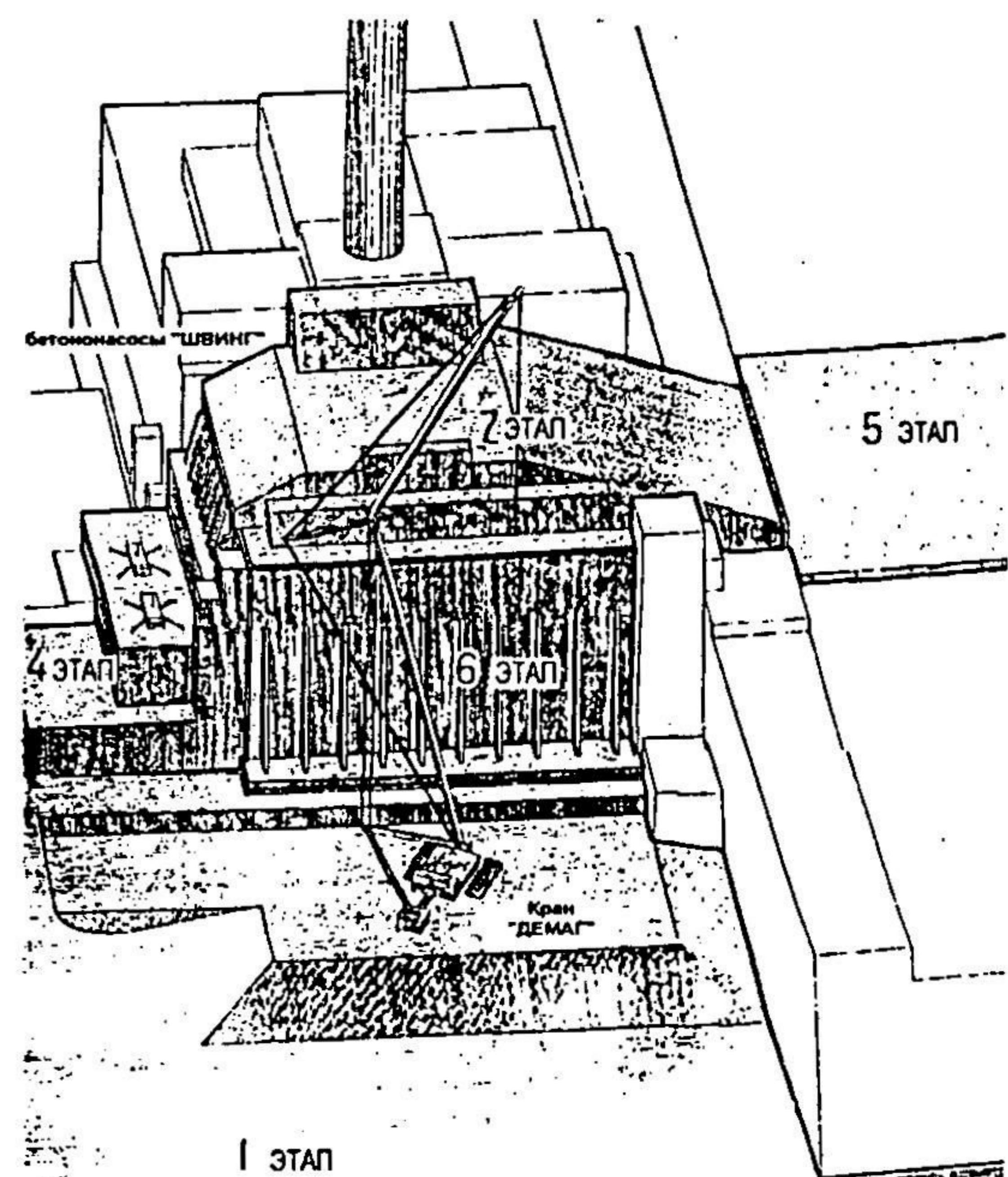


Рис. 2. Общий вид Саркофага в конце 1986 г.

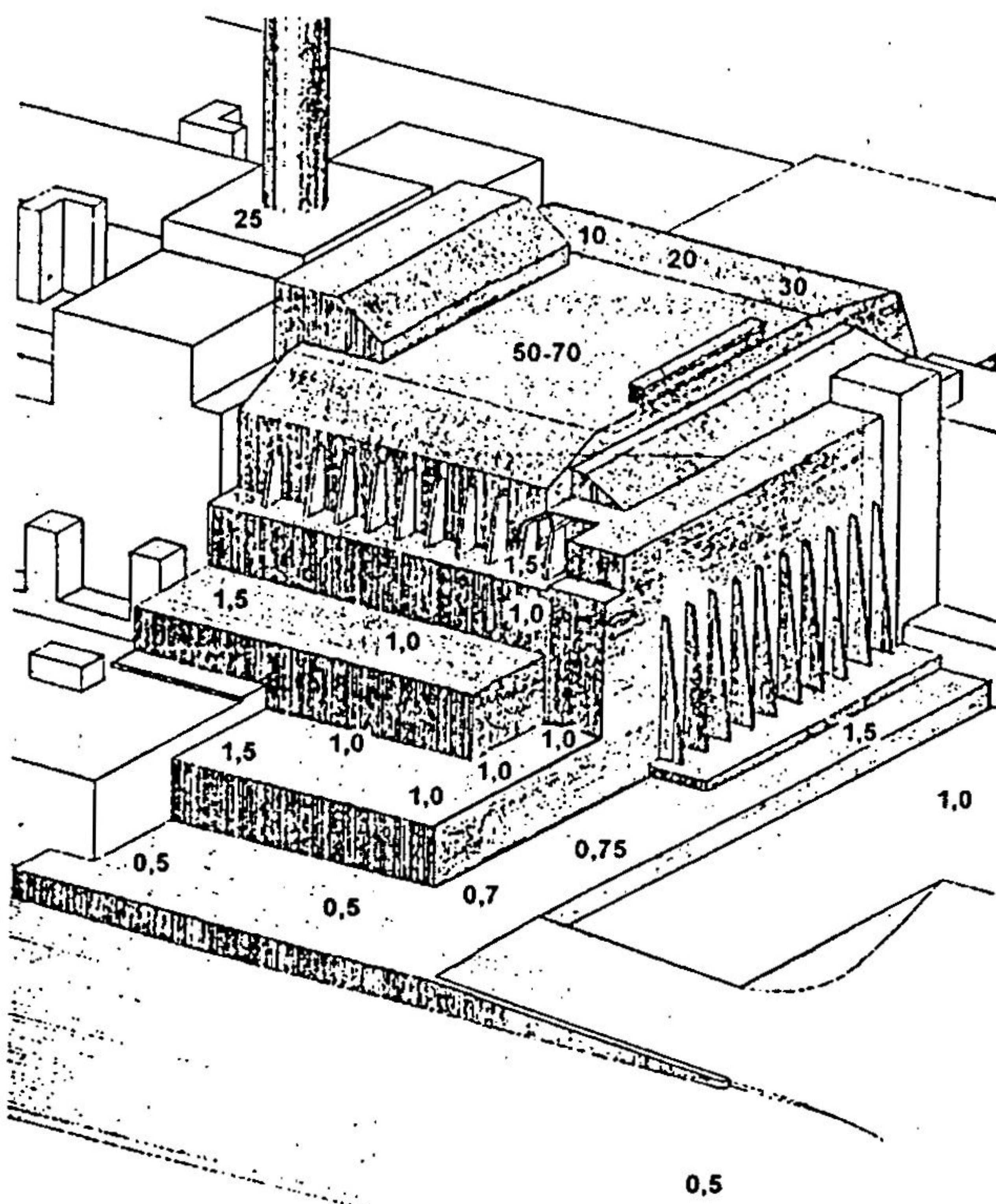


Рис. 3. Радиационная обстановка вокруг Саркофага в ноябре 1986 г. (цифры на рис. – Р/ч)

жерки. Все эти защитные конструкции и ограждения локализуют внутри 4-го блока мощные источники ионизирующего излучения, выброшенные из активной зоны реактора, и дополнительно оснащены системами диагностики, пылеподавления, подачи нейтронопоглощающих растворов и другими инженерно-техническими средствами, предназначенными для предотвращения развития запроектной аварии, ослабления последствий аварии и поддержания разрушенного 4-го блока в контролируемом состоянии. Основные стальные несущие конструкции «Укрытия» (балки Б-1, Б-2, трубы перекрытия над центральным залом, «Мамонт», «Осьминог», стальные щиты покрытия) запроектированы и выполнены в соответствии со строительными нормами, и поэтому их прочность не вызывает сомнений. Однако основные опоры главной конструкции пришлось возвести с помощью дистанционного управления без креплений, как сварочных, так и на болтах. Кроме того, долговечность несущих конструкций ограничена отсутствием доступа для их периодического осмотра и восстановления антикоррозионного покрытия. Поэтому срок службы всего Саркофага определен в 30 лет [4].

Объект «Укрытие» всегда считали времененным сооружением и никогда не рассматривали в качестве «могильника» остатков разрушенного реактора. В этой связи следует напомнить, что по выполненным в 1986–1990 гг. оценкам Ин-

ститута атомной энергии им. И.В. Курчатова (ИАЭ), осуществлявшего научное руководство работами по контролю за состоянием законсервированного энергоблока, внутри Саркофага осталось около 96% отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). В результате многочисленных измерений топливо-содержащих масс (TCM) и расчетов их критичности был сделан вывод о ядерной безопасности объекта «Укрытие» [5]. В 1989 г. ИАЭ предложил соорудить над существующим объектом герметичное «Укрытие-2». В 1990–1991 гг. во НИКИЭТ было выполнено технико-экономическое обоснование преобразования Саркофага в долговременную экологически безопасную систему на 100 и более лет. Были рассмотрены три основных варианта: «Монолит», при котором весь объем «Укрытия» со всеми ТСМ и сохранившимися и обрушенными конструкциями реакторного блока постепенно закрепляется бетоном; вариант «Арка» («Укрытие-2») с созданием комбинированной железобетонной оболочки над Саркофагом и вариант «Зеленая лужайка», заключающийся в полной разборке разрушенного блока, переработке и захоронении всех радиоактивных отходов в экологически приемлемых могильниках. Последний проект признан нереальным, из двух остальных предпочтение было отдано варианту «комоноличивания», для которого выполнение всех строительно-монтажных работ можно было осуществить в течение 3–5 лет.

С 1991 г. ЧАЭС, объект «Укрытие» и Чернобыльская зона отчуждения перешли под юрисдикцию Украины. В мае 1992 г. был создан межотраслевой научно-технический центр (МНТЦ) «Укрытие» Национальной академии наук (НАН) Украины.

Эксплуатация объекта «Укрытие»

Неполнота знаний о ядерной, радиационной и экологической опасности и опасности разрушения строительных конструкций Саркофага потребовали продолжения и расширения разведывательных, исследовательских и профилактических работ. Первоочередными из этих работ являлись паспортизация захораниемых помещений 4-го блока (большинство из которых и сегодня практически недоступно для обслуживающего персонала); локализация, количественная оценка масс и ядерной безопасности ТСМ; обследование состояния, оценка надежности, долговечности и устойчивости сооружения при экстремальных воздействиях.

С конца мая 1986 г. был начат непрерывный контроль текущего состояния 4-го блока. Объем контроля постоянно наращивался. Основными контролируемыми параметрами были плотность потока нейтронов, мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, температура, тепловой поток, радиоактивность аэрозолей на выходе из объекта «Укрытие» [4]. Вскоре приборы, используемые для этих измерений, были объединены в измерительно-информационный комплекс (с 1987 г. – «Финиш», с 1992 г. – «Шатер»). Последний на основе обработки результатов измерений над «развалом», в шахте реактора и в прилегающих к ней помещениях с ТСМ, а также в вентиляционной трубе Саркофага формирует сигналы «нормально», «внимание» и «опасно», сопровождаемые световой сигнализацией. Кроме того, различными методами и приборами периодически измеряют МЭД гамма-излучения и концентрацию долгоживущих альфа-бета-активных аэрозолей в производственных помещениях и на территории, прилегающей к Саркофагу, а также активность и радионуклидный состав проб воды, отбираемых в 30-ти помещениях «Укрытия» и из шести контрольных скважин. Наряду с этим проводится регистрация деформаций строительных конструкций Саркофага по наблюдениям за смещением геодезических марок.

Помимо автоматизированной системы контроля теплофизических параметров на объекте «Укрытие» для управления последствиями за проектной аварии смонтированы и при необходимости могут быть использованы системы подачи метабората калия, пылеподавления, пожаротушения, электроснабжения, сбора и удаления трапных вод, вентиляции и газоочистки, контроля концентрации водорода. Смонтированные в 1986 г. системы охлаждения и контроля температуры подфундаментной плиты, а также приточной вентиляции выведены из эксплуатации и находятся в режиме консервации [6].

В результате распада относительно короткоживущих радионуклидов и работ, проведенных персоналом ЧАЭС, радиационная обстановка на объекте «Укрытие» и на промплощадке существенно улучшилась. Значения МЭД гамма-излучения снизились в несколько сот раз по сравнению с измеренными летом 1986 г. и характеризуются величинами, приведенными в табл. 1. Среднегодовая концентрация аэрозолей в контролируемых помещениях Саркофага по сумме долгоживущих бета-гамма-активных радионуклидов составляет от $1,7 \cdot 10^{14}$ до $1,3 \cdot 10^{12}$ Киль, по альфа-активным радионуклидам – от менее

Таблица 1. Значения МЭД гамма-излучения в помещениях и на промплощадке объекта «Укрытие» в 1996 г. [6].

Место измерения	Значения МЭД, Р/ч	
	средние	максимальные
Центральный (реакторный) зал	30–600	1800–2400
Помещения объекта «Укрытие»		
- неосвоенные, необслуживаемые	1–800	1800–4800
- освоенные, необслуживаемые	0,01–0,1	0,015–1,0
- полуобслуживаемые	$0,3 \cdot 10^{-3}$ – $6 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$ – $20 \cdot 10^{-3}$
Кровля объекта «Укрытие»		
- реакторное отделение	1–4	5–20
- машинный зал	0,5–2,5	3–6
Промплощадка вокруг объекта «Укрытие»	0,02–0,2	0,5–5

$1 \cdot 10^{-16}$ до $2,3 \cdot 10^{-15}$ Ки/л [6].

Мощность выброса радионуклидов из объекта «Укрытие» за последние годы наблюдений не превышает 0,03 Ки/год (при доле плутония 0,4–1,2%), что составляет не более сотых долей процента выброса остальных трех энергоблоков ЧАЭС и практически не оказывает влияния на радиоактивность приземного слоя воздуха на прилегающей территории. На промплощадке удельная активность радиоактивных аэрозолей (в том числе плутония) не превышает допустимой концентрации ДК₆.

Вода рассматривается как главная угроза для безопасности «Укрытия»: она является причиной химического и механического разрушения строительных конструкций; размывая и перемещая ТСМ, способствует их накоплению в неизвестных местах; вымывая нейтронопоглощающие добавки из мест скопления ТСМ, увеличивает ядерную опасность Саркофага [6]. Основные источники воды – атмосферные осадки, растворы пылеподавления и конденсат (роль последнего возрастает с каждым годом по мере распада радионуклидов и снижения остаточного тепловыделения ОЯТ). В 1993 г. суммарное количество воды в «Укрытии» оценивали в 3 тыс. т, в том числе 2 тыс. т в машзале [6], в 1996 г. – в 4 тыс. т [1]. Ее удельная активность составляет $2 \cdot 10^3$ – $2 \cdot 10^8$ Бк/л, в основном за счет ¹³⁷Cs, концентрация ⁹⁰Sr от $6 \cdot 10^2$ до $6 \cdot 10^6$ Бк/л, урана от 5 до 20 000 мкг/л, плутония не превышает 3 000 Бк/л. Постоянная деградация ТСМ вызвала «стремительное увеличение концентрации топлива в воде объекта «Укрытие» (на три порядка

за шесть лет» [6]. В связи с этим «при определенных исходных событиях нельзя исключать возможность роста критичности ТСМ, хотя опыт последних лет позволяет утверждать, что в сложившемся состоянии скопления ТСМ подкритичны» [7]. Радиоактивно загрязненные воды «Укрытия» практически не оказывают влияния на радиационную обстановку за пределами площадки ЧАЭС. Она больше зависит от ОЯТ, захороненного непосредственно в земле промплощадки (500–700 т) и за ее пределами, в зоне отчуждения (около 3 т).

В 1988–1990 гг. на объекте «Укрытие» был обнаружен ряд аварийных конструкций, потребовавших немедленного усиления (каркасы помещений южных главных циркуляционных насосов и верхней части деаэраторной этажерки). В результате проведенных работ были возведены разделительно-подпорные стены в пределах машинного зала, там же создана металлическая пространственная конструкция, воспринимающая нагрузку от наклонившейся деаэраторной этажерки, произведено большое количество локальных раскреплений. По данным натурных обследований и геодезических наблюдений за осадками и кренами строительных конструкций, с 1986 г. не произошло изменений в положении этих конструкций. В частности, не выявлено никаких обрушений и образования трещин в основных несущих конструкциях объекта «Укрытие» после землетрясения 30–31 мая 1990 г. силой 3,5–4 балла. За весь период наблюдений (с 1987 по 1995 г.) средняя величина осадок марок верхнего яруса не превысила 30 мм [6], что подтверждает общую устойчивость «Укрытия».

Специализированные и экспертные организации Украины оценивают долговечность отдельных наиболее нагруженных железобетонных конструкций Саркофага в 8–15 лет. В последнее время выполнен ряд строительно-монтажных работ по повышению надежности и долговечности строительных конструкций, важных для безопасности «Укрытия». В частности, путем установки дополнительных связей, опорных металлоконструкций и бетонирования их оснований усилены балки Б-1 и Б-2, выполнены три этапа герметизации неплотностей кровли на общей площади 4660 м², осуществлена антикоррозионная защита 33 тыс. м², металлоконструкций и др. Отсутствие защиты от атмосферных и температурных воздействий, выявленная ускоренная деградация бетонных и металлических конструкций, невозможность доступа к ряду жизненно важных опор и зон, состояние которых близко к критическому по несущей способности и дефор-

мации, привели к двум важным выводам:

- 1) произвести количественную прогнозную оценку интервала времени, за которое не произойдет обрушение конструкций Саркофага, не представляется возможным;
- 2) стабилизацию «Укрытия-1» и строительство «Укрытия-2» следует рассматривать как немедленительные мероприятия, направленные на обеспечение безопасности Саркофага.

Современная ситуация и риски

В конце 1996 г. на ЧАЭС была проведена Первая международная конференция, посвященная 10-летию завершения строительства объекта «Укрытие». На этом форуме руководство ЧАЭС с гордостью заявило о трех главных итогах работ на Саркофаге: дозы облучения персонала этого объекта не превышают допустимых величин; в результате эксплуатации системы пылеподавления в помещениях «Укрытия» можно работать без применения средств индивидуальной защиты органов дыхания; существенное снижение уровня остаточного радиоактивного загрязнения устранило необходимость использования дополнительной спецодежды для персонала, выезжающего после смены на «Укрытии» в город Славутич. Действующие энергоблоки ЧАЭСрабатывают каждый четвертый кВт·ч электроэнергии, потребляемой на Украине. Достигнутый на станции уровень безопасности является одним из лучших в стране [4].

Приведенные выше новые заявления официальных лиц [1, 2] меняют приоритеты в сфере обеспечения безопасности Саркофага, которые были приняты МНТЦ «Укрытие» по итогам анализа, выполненного в 1996 г. [7]. По этим данным, приведенным в табл. 2, наиболее вероятной – 0,4/год – представлялась возможность пожара,

Таблица 2. Перечень исходных событий для аварий на объекте «Укрытие» в порядке убывания их вероятности [7]

Номер события	Исходное событие	Оцениваемая вероятность, год (-1)
1	Пожар	0,4
2	Обрушение кровли объекта по деградационным причинам	0,1
3, 4	Землетрясение 7 баллов, ураганный ветер	0,0001
5	Смерч	$3 \cdot 10^{-6}$
6	Падение летательного аппарата	$2 \cdot 10^{-7}$
7	Исходное событие, связанное с повышением критичности	?

при котором человек, находящийся на промплощадке объекта (в области аэродинамической тени здания), за 0,5 часа может получить дозу внутреннего облучения до 5 бэр за счет вдыхания аэрозолей ТУЭ [6]. Столь высокое значение вероятности пожара было обосновано фактическими данными: за время после аварии 1986 г. на объекте произошли четыре пожара различной степени интенсивности. Следует отметить, что количество горючих материалов в объекте «Укрытие» достаточно велико и оценивается в 2 тыс. т. Значение вероятности обрушения кровли получено на основе умозрительных соображений по результатам обследования строителями в 1993–1995 гг. конструктивных элементов, в частности балок Б-1, Б-2 и «Мамонт». Наибольшие опасения вызывают опоры балок Б-1 и Б-2, западные концы которых опираются на сохранившуюся часть стены 4-го блока, а восточные – на сохранившиеся вентиляционные шахты. На этих балках держатся 27 больших металлических труб, закрывающих центральный зал, и огромные боковые металлические щиты. В случае падения балок кровля «Укрытия» перестанет существовать. Поэтому в литературе такую аварию называют максимальной или даже «коллапсом». В отчете 1996 г. приведены следующие оценки вероятности обрушения опор для этих балок: западный узел опирания – 0,13/год, восточный – 0,10/год. Для сравнения – долговечность остальных конструкций Саркофага составляет 80 лет [6].

Интересно отметить, что вероятность возникновения надкритичности ТСМ количественно не оценена. В то же время в 1996 г. существовало общее согласие, что с точки зрения критичности Саркофаг безопасен, а в случае возникновения критической конфигурации ТСМ+вода не следует опасаться ни значительного механического воздействия, ни большого радиоактивного выброса за пределы площадки ЧАЭС [8].

Впервые опасность «коллапса» Саркофага была выдвинута на первое место в статье сотрудников Европейского банка реконструкции и развития (EBRD) и объекта «Укрытие», опубликованной в октябре 1997 г. [9]. В этой статье главными причинами такого события были названы накопление атмосферных осадков внутри «Укрытия», вызываемая ими ускоренная деградация опор и обрушение всей конструкции из-за землетрясения, либо экстремальных погодных условий. В дополнение к «спонтанному риску коллапса» указана еще одна его возможная причина – падение общей вентиляционной трубы 3-го и 4-го энергоблоков, опоры которой не ук-

репляли с 1986 г. из-за крайне интенсивных полей излучения, обусловленных большим количеством выброшенного туда ОЯТ. Другие отличия статьи [7] от предшествующих оценок последствий коллапса – это утверждения, что аварийный выброс аэрозолей ТУЭ сделает Чернобыльскую зону «необитаемой», а возникновение критической конфигурации ТСМ+вода «может оказаться фатальным для любого находящегося вблизи человека». В значительной степени такое изменение приоритетов и усиление эмоциональных оценок связано с проводимыми в последние годы переговорами руководства Украины и ряда зарубежных стран об источниках финансирования двух первоочередных задач – стабилизации «Укрытия-1» и строительства «Укрытия-2». В конце 1997 г. эти две задачи были объединены в единый план преобразования укрытия (SIP – аббревиатура полного английского названия Shelter Implementation Plan).

План преобразования укрытия (SIP)

В конце 1996 г. была завершена работа международной группы экспертов Европейского Союза, США, Украины, России и Японии, функционировавшей в форме одной из ветвей программы TACIS. Перед этими экспертами была поставлена задача – оценить пять основных технических проектов (рис. 4) и большое количество других предложений по преобразованию Саркофага в экологически безопасный объект («environmentally safe site»). В этой связи нельзя не отметить неудачность применяемого в таких случаях русского эквивалента термина «экологически безопасный» – следовало бы использовать более корректное словосочетание «экологически приемлемый». В итоговом отчете [10] был сделан вывод об отсутствии явных преимуществ какого-либо из представленных проектов и рекомендован план действий, базирующийся на фазовом подходе. В этот план были включены следующие основные этапы: ядерная безопасность; защита; стабилизация конструкций; частичная разборка и захоронение (partial deconstruction and enclosure). В отчете особо отмечено, что, хотя немедленное удаление всех ТСМ чрезмерно опасно для персонала и было бы неоправдано, в долгосрочном проекте должна быть предусмотрена программа таких работ. В среднесрочном плане ТСМ следует рассматривать в качестве объекта, для которого должна быть выработана оптимизированная схема действий, обеспечивающая безопасность персонала и защиту окружающей среды.

Схема	№ вар.	Основные задачи проекта
	1	Не принимать никаких мер; поддерживать современное состояние
	2	Определить и осуществить краткосрочные меры; активно продолжать оценки риска для выработки долгосрочных мер
	3A	Соорудить небольшое «Укрытие-2» вокруг существующего «Укрытия-1»; приступить к раннему удалению ТСМ
	3B	Соорудить долговечное «Укрытие-2», вмещающее в себя современное «Укрытие-1» и способное устоять при его коллапсе; приступить к удалению ТСМ, когда это будет приемлемо
	4	Соорудить «Укрытие-2» в форме долговечного холма из земли; приступить к удалению ТСМ с помощью защищенной техники, если это потребуется
	5.1	Соорудить дополнительную защиту и с помощью цементирующего материала стабилизировать «Укрытие-1»; заключить его в долговечное «Укрытие-2»; приступить к удалению ТСМ, когда это будет приемлемо
	5.2	Соорудить дополнительную защиту, стабилизировать и сохранять «Укрытие-1»; удерживать ТСМ на прежних местах; приступить к удалению ТСМ, если это потребуется

Рис. 4. Варианты стабилизации «Укрытия-1», строительства «Укрытия-2» и удаления топливо-содержащих масс (предполагается, что варианты 3–5 могут выполнятьсь только после осуществления варианта 2)

Фазовый подход, рекомендованный экспертами, был одобрен рабочей группой по ядерной безопасности NSWG «Большой семерки» (G-7) и положен в основу концепции плана SIP, разработанного весной 1997 г [11]. Этот план был создан той же международной группой экспертов при финансовой поддержке DoE США и программы TACIS. Главная цель SIP – превратить 4-ый энергоблок ЧАЭС в экологически безопасный объект. Для того чтобы достичь этой цели, SIP предусматривает параллельное решение пяти задач:

- 1) понизить вероятность коллапса «Укрытия-1»;
- 2) понизить последствия коллапса, если он произойдет;
- 3) повысить ядерную безопасность «Укрытия-1»;
- 4) повысить промышленную безопасность и защиту окружающей среды на «Укрытии-1»;
- 5) разработать долгосрочную стратегию и провести исследования по преобразованию «Укрытия» в экологически безопасный объект.

Для каждого из этих направлений необходимо разработать и поддерживать усовершенствованную базу данных; осуществить хорошо обоснованные меры и установить схему выбора решений для других возможных действий.

С целью выполнения практических шагов эксперты разбили всю программу на 22 первоочередные задачи и 297 других мероприятий, включая разработку сетевого графика и обоснование стоимости каждой из работ. По итоговой оценке, проект SIP может быть осуществлен за ближайшие 8–9 лет при условии выделения на эти работы около 750 млн дол. В отчете [11] специально подчеркнуто, что SIP не содержит конкретные технические решения, а представляет собой лишь «логический подход к определению оптимального пути между различными ранее исследованными техническими сценариями». В качестве первоочередных в SIP провозглашены особо актуальные направления в четырех сферах:

- 1) промышленные конструкции: проект стабилизации конструкции; мониторинг структурных изменений; геотехнические исследования; стратегия обеспечения безопасности.
- 2) операции и мониторинг: мониторинг сейсмических характеристик; программа радиационной защиты; промышленная безопасность, противопожарная защита, контроль доступа в помещения; интегрированная база данных.
- 3) противоаварийные системы: противоаварийная подготовка; подавление пылеобразования; система аварийного пылеподавления; контроль критичности и система обеспечения ядерной безопасности; система обращения с собирающейся водой.
- 4) топливосодержащие массы (ТСМ): определение начальных характеристик; стратегия удаления ТСМ и обращения с радиоактивными отходами; разработка технологии удаления ТСМ.

Проект SIP был одобрен правительством Ук-

раины и руководителем упомянутой выше NSWG в апреле 1997 г.

Международная поддержка программы SIP

Главным препятствием для осуществления первых шагов по проведению программы SIP в жизнь являются финансовые трудности. На международной конференции по Чернобылю, проведенной МАГАТЭ в апреле 1996 г. в Вене, премьер-министр Украины заявил, что «общая сумма средств на ликвидацию последствий аварии, выделенных из бюджета Украины только за период 1992–1996 гг., превысила 3 млрд дол. США» [12]. Естественно, что при таких затратах эта страна не имеет возможности выделить еще 750 млн дол. Не могут оказать помощь и ее ближайшие соседи, также пострадавшие от аварии на ЧАЭС и находящиеся в аналогичных условиях. На вышеупомянутой конференции МАГАТЭ министр Российской Федерации по гражданской обороне, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в своем докладе заявил, что «в последние годы на восстановление районов России, пострадавших от чернобыльской аварии, были выделены триллионы рублей». Президент Беларуси сообщил, что «по самым скромным оценкам, экономический ущерб, нанесенный чернобыльской аварией, равен 32 годовым бюджетам республики, т.е. 235 млн дол. США» [12]. Решение сложной проблемы финансирования программы SIP было достигнуто на международном уровне.

В июне 1997 г. на встрече «Большой семерки» в Денвере (США) было принято решение оказать финансовую поддержку значительной части работ по программе SIP в размере 100 млн дол. В сентябре того же года Европейская комиссия сообщила о своем намерении выделить 100 млн экю на цели осуществления программы

SIP. Значительный вклад ожидался также от Украины [9]. В ноябре 1997 г. успешно прошла конференция доноров программы SIP под совместным руководством президента Украины Кучмы и вице-президента США Гора, в результате которой ряд корпораций, негосударственных организаций и частных лиц выразили готовность предоставить дополнительные средства на проведение первой фазы работ по программе SIP. По словам министра окружающей среды Украины Костенко, в итоге этой деятельности собрано 388 млн дол., чего достаточно на осуществление трехлетних работ по укреплению Саркофага с целью увеличения его срока службы до 50 лет. Нельзя не обратить внимание читателя на оригинальный заголовок соответствующего информационного сообщения в международном журнале [13].

На саммите «Большой семерки» было принято также обращение к EBRD с просьбой организовать Фонд чернобыльского укрытия и взять на себя обязанности управления этим фондом и контроля за эффективным использованием предоставленных финансовых средств. Фонд будет выделять донорские гранты по программе SIP для ЧАЭС и Госатомнадзора (ГАН) Украины, ответственного за надзорную деятельность в области ядерной энергетики. Главная задача ГАН Украины в программе SIP – разработка пакета нормативных документов по совершенствованию атомного законодательства Украины и подготовке процедур лицензирования любых новых работ на Саркофаге.

Для выполнения программы SIP намечено создать достаточно сложную систему управления и контроля (рис. 5) в основном из работников EBRD и ЧАЭС. Сотрудники верхнего уровня управления PMU (Project Management Unit) будут нести ответственность за стратегические аспекты программы, включая обращение с ТСМ.

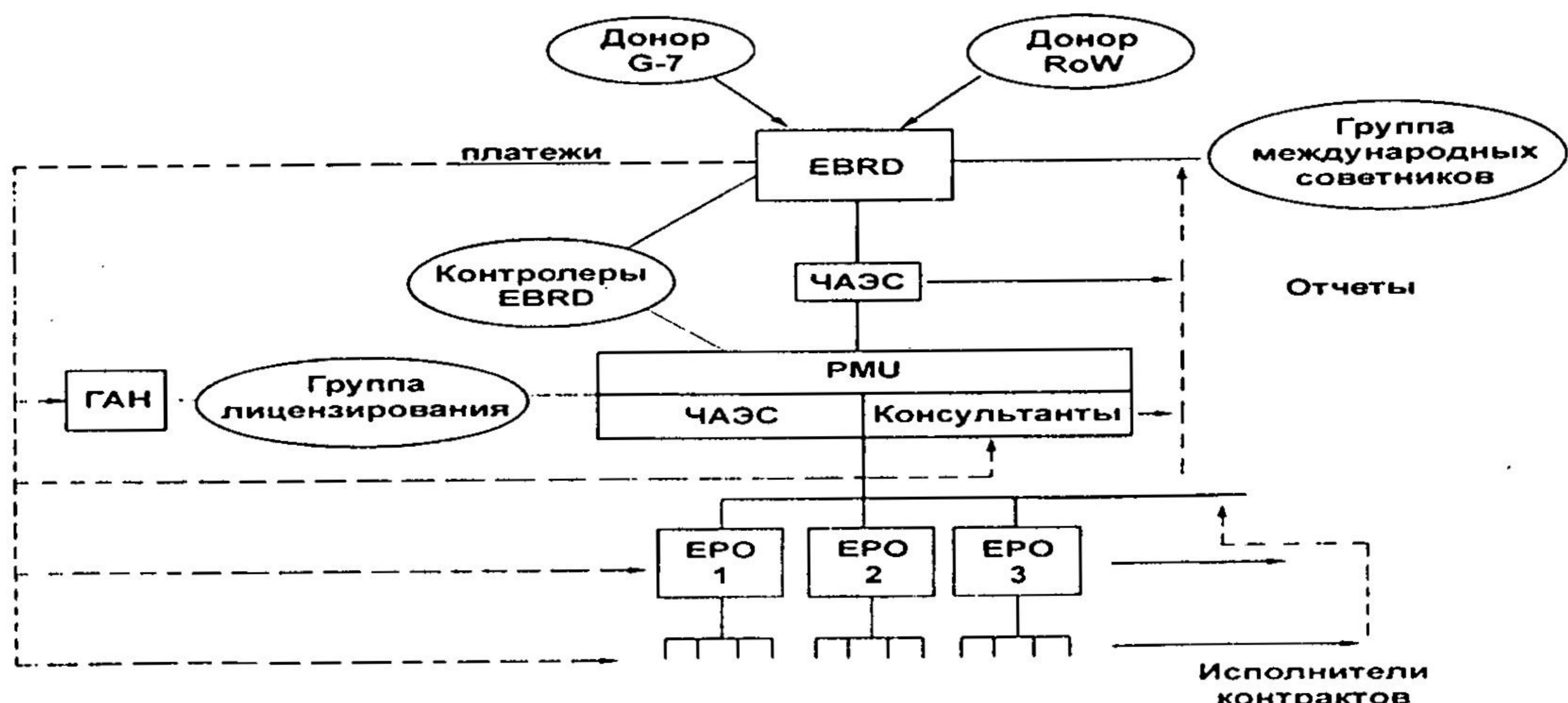


Рис. 5. Структура управления проектом SIP

Сотрудники второго уровня управления EPO (Engineering and Procurement Organizations) призваны организовать выполнение технических проектов и оценок, разработку инженерных вопросов, проведение измерений по ядерной и радиационной безопасности и др. Предполагается, что в составе управления программой SIP будет пять таких групп EPO. Эти специалисты будут нести прямую ответственность за выполнение упомянутых выше 22 первоочередных задач и 297 вспомогательных мероприятий.

В дополнение к описанной структуре EBRD предполагает организовать Группу международных советников из экспертов мирового класса для обеспечения консультаций по ключевым техническим вопросам выполнения программы SIP.

Список литературы

1. Risk to Sarcophagus growing. – Nuclear Engineering International, 1998, v. 43, № 523, p. 3.
2. Chernobyl – 4 (World News). – Nuclear Europe Worldscan, 1998, v. 18, № 1-2, p.60.
3. Чернобыль. Пять трудных лет. – Сборник материалов по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 – 1990 гг. Москва. ИздАт. 1992.
4. Беляев И.А. – Бетон марки «Средмаш». Москва.: ИздАт, 1996 (304 стр).

5. Техническое обоснование ядерной безопасности объекта «Укрытие» (ТОЯБ). – Отчет ИАЭ им. И.В. Курчатова, Москва, 1990.
6. Объект «Укрытие» – 10 лет. Основные результаты научных исследований. НАН Украины, МНЦ «Укрытие», Чернобыль, 1996 (188 стр).
7. Ледерман Л. – Десятилетие после Чернобыля: аспекты ядерной безопасности. – Бюллетень МАГАТЭ, т. 38, № 3, с. 44–47, ноябрь 1996.
8. Разработка отчета по безопасности объекта «Укрытие». Анализ текущей безопасности объекта «Укрытие» и прогнозные оценки развития ситуации. – МНЦ «Укрытие». Отчет, арх. № 3601, Чернобыль, 1996 (272 стр).
9. Heriot I., Belousov E. Shelter Implementation Plan: A way forward for Chernobyl 4 – Nuclear Engineering International, 1997, v. 42, № 519, pp.10–12.
10. Chernobyl Unit 4 Short and Long Term Measures. Final Report. November 1996, TACIS Services, DG 1A, European Commission, Brussels, Project № 164.506.96.
11. Chernobyl Unit 4 Shelter Implementation Plan. May 1997, TACIS Services, DG 1A, European Commission, Brussels, US Department of Energy.
12. Гонзales А. Чернобыль – десять лет спустя. – Бюллетень МАГАТЭ, 1996, т. 38, № 3, с. 2–13.
13. \$\$\$ Starting to fix Chernobyl-4 tomb. – Nuclear Europe Worldscan, 1998, v. 18, №1–2, p. 60.

Ключевые слова

Чернобыльская АЭС, объект «Укрытие», опасность разрушения, контроль параметров, безопасность персонала, преобразования «Укрытия».