

## ЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ "ТИТАНИК"

Английский суперлайнер «Титаник», погибший в Северной Атлантике от столкновения с айсбергом в начале XX века, хранит множество тайн. Проникнуть в них не удается из-за огромной глубины, на которой покоится судно. Чернобыльский «Титаник» - объект «Укрытие» - стоит у всех на виду, но во многом он также недоступен из-за высоких уровней радиации, как и суперлайнер «Титаник», лежащий на дне океана. Дать читателю понимание такого уникального явления, как объект «Укрытие», сущности проводимых в нем работ и происходящих процессов, - задача данной публикации.

### СТАТУС ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

Под объектом «Укрытие» понимается вся совокупность сооружений, закрывающих источники радиоактивности, в том числе реакторный блок, деаэрационную этажерку, машинный зал четвертого энергоблока Чернобыльской АЭС, изолированно от действующего третьего энергоблока стеной в реакторном отделении и машинном зале, а от окружающей среды - вновь возведенными конструкциями, снабженными системами диагностики, пылеподавления, ядерной безопасности, электроснабжения и другими. По своему назначению и выполняемым функциям объект «Укрытие» является уникальным сооружением и не имеет аналогов в мировой практике. Он не может быть отнесен ни к одному из объектов ядерной энергетики и промышленности, в том числе и к хранилищам отработанного ядерного топлива (ХОЯТ) или радиоактивных отходов (РАО), так как не соответствует отечественным и международным требованиям по ядерной и радиационной безопасности, предъявляемым к подобным объектам.

По статусу объект «Укрытие» представляет собой разрушенный в результате аварии четвертый энергоблок Чернобыльской АЭС, на котором выполнены первоочередные мероприятия для уменьшения последствий аварии и продолжаются работы по обеспечению контроля его состояния, ядерной и радиационной безопасности. Характер и задачи текущей деятельности на объекте «Укрытие» в целом определяются требованиями действующих норм и правил по безопасности в ядерной энергетике, а также состоянием самого объекта. Исходя из реального положения дел, в решении «О статусе объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС» коллегией Госатомнадзора Украины определено, что первоочередной задачей в настоящее время является достижение цели управления запроектной аварией, которая заключается в возвращении аварийного блока в контролируемое состояние, при котором прекращается цепная реакция деления, обеспечении постоянного охлаждения топлива и удержании радиоактивных продуктов в установленных границах. В состав объекта «Укрытие» входят разрушенный четвертый энергоблок, новые сооружения, смонтированные вокруг разрушенного энергоблока, части третьего энергоблока и машинного зала, ограниченные разделительными стенами, территория внутри периметра охранной зоны с устройствами для контроля и наблюдения, системы и оборудование для обеспечения безопасности объекта.

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫЕ НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

Таких технологических процессов три. Это - поддержание в подкритическом состоянии топливосодержащих масс (ТСМ), постоянное охлаждение ТСМ и удержание радиоактивных продуктов в установленных границах и количествах. Прекращение цепной реакции деления произошло в результате изменения геометрии и состояния ядерного топлива вследствие взрыва. Для удержания радиоактивных продуктов внутри «Укрытия» служат все внешние строительные элементы объекта: стены, кровля, новые укрепляющие конструкции.

Основными целями работ, проводимых на объекте «Укрытие» в настоящее время, являются: обеспечение указанных выше технологических процессов, в том числе исключение возникновения самоподдерживающейся цепной реакции деления

(СЦР) и комплексное техническое обследование состояния разрушенного блока, необходимое для разработки проекта перевода его в контролируемое состояние и для обеспечения безопасности объекта.

Все сооружения, системы и оборудование объекта «Укрытие» предназначены для ослабления последствий аварии, в том числе для защиты персонала и окружающей среды от воздействий ионизирующего излучения, контроля тепловых и физических параметров ТСМ, отвода от них остаточного тепловыделения, контроля и ограничения выхода в окружающую среду радиоактивных веществ, а также для предотвращения возникновения аварийных ситуаций, включая самоподдерживающуюся цепную реакцию.



### ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

В 1995 году были разработаны и утверждены «Основные направления деятельности по обеспечению безопасности объекта «Укрытие» на 1995-2000 годы». В этом документе поставлены задачи обеспечения текущей безопасности объекта (стабилизации), подготовки к преобразованию объекта в экологически безопасную систему.

Для этого на объекте «Укрытие» осуществляются следующие виды деятельности: техническое обслуживание действующего на объекте оборудования; контроль состояния топливосодержащих масс; контроль состояния строительных конструкций; контроль за выбросами из объекта; исследования состояния объекта; инженерно-технические мероприятия по обеспечению текущего уровня безопасного состояния объекта и по переводу его в экологически безопасное контролируемое состояние.

Персонал, работающий на объекте «Укрытие», обеспечивает безопасную эксплуатацию оборудования и сооружений объекта, организацию безопасного проведения работ, сопровождение опытно-конструкторских работ, ограничение влияния «Укрытия» на окружающую среду и действующие блоки Чернобыльской АЭС, информирование общественности о всех видах деятельности на объекте, степени их опасности, результатах научных исследований и выполненных работах.

### КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАСС (ТСМ)

Мощность экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения в настоящее время вблизи поверхности скоплений ТСМ достигает нескольких тысяч рентген в час. МЭД постепенно уменьшается за счет естественного снижения радиоактивности основных дозообразующих нуклидов, прежде всего цезия-137. По этой же причине снижаются контролируемые значения плотностей тепловых потоков, исходящих из скоплений ТСМ, значения температур вблизи и в скважинах, пробуренных в скоплениях топливосодержащих масс. Плотность тепловых потоков в настоящее время в точках контроля не превышает 50 Вт/м<sup>2</sup>, температура - 50° С. Плотность потоков нейтронов в скважинах вблизи скоплений ТСМ составляет от 0,1 до 410 нейтрон/см<sup>2</sup>.

Оперативный контроль параметров состояния объекта «Укрытие» в местах расположения потенциально опасных скоплений топливосодержащих масс производится с помощью систем «Шатер» и «Финиш». Результаты замеров параметров состояния ТСМ ежемесячно оформляются в виде сводной таблицы, которая контролируется и анализируется специальными службами объекта.

### Известное расположение топлива

Наименование помещения	Отметка (м)	Масса топлива по урану (т)
1-й этаж бассейна-барботёра	0,00	1,5
2-й этаж бассейна-барботёра	3,00	11,5
парораспределительный коридор	8,00	23,0
подапаратное помещение	9,00	75,0
коридоры и помещения, залитые лавой		
304/3, 303/3, 301/5 и 301/6	9,00	20,0
прочие скопления топливосодержащих масс	0,00-9,00	4,0

Общее количество топлива внутри объекта 135 тонн

### СОСТОЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

В соответствии с поставленной в 1986 году задачей в кратчайшие сроки локализовать аварию и защитить окружающую среду от воздействия находящихся в шахте разрушенного реактора топливосодержащих масс и разбросанных по помещениям четвертого энергоблока остатков топлива, а также обеспечить нормальные условия эксплуатации сохранившихся блоков, объект «Укрытие» отделен от третьего блока стеной. С севера разрушенный блок выгорожен бетонной каскадной стеной высотой 50 метров. Над разрушенными конструкциями центрального зала смонтировано перекрытие из трубного наката по металлическим балкам, опирающимся на сохранившиеся шахты вентиляции и деформированную стену. Остальные площади разрушенной кровли закрыты металлическими щитами (кляшниками), которые опираются на промежуточные металли-

ческие балки («мамонт» и «осьминог»), опорами под которые служат завалы из строительных конструкций деаэрационной этажерки. Создана металлическая пространственная конструкция в машинном зале, воспринимающая нагрузку от наклонившейся стены деаэрационной этажерки. Во многих местах произведено также локальное укрепление конструкций энергоблока. В результате сложилась уникальная система из разрушенных и вновь возведенных конструкций, обеспечивающая общую устойчивость сооружения, но не гарантирующая от разрушения отдельных ее элементов. Наименее надежными являются узлы опирания балок на элементы незабетонированной опалубки. В 1994 году эти узлы были усилены путем установки опорных металлоконструкций и бетонирования их оснований.

# ОБЪЕКТ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ,

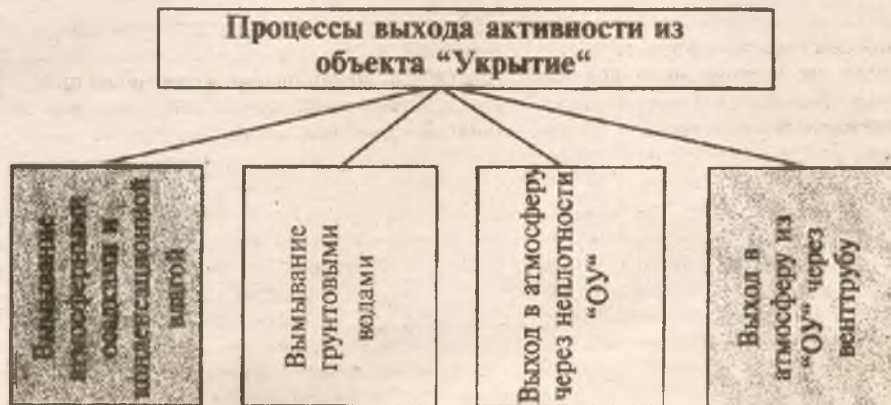
Предлагаемый вниманию читателей материал знакомит с объектом «Укрытие» - сооружением, возникшим осенью 1986 года над разрушенным реактором четвертого энергоблока Чернобыльской электростанции. В этот уникальный объект вложены труд, здоровье, творческое горение сотен тысяч людей из различных республик бывшего СССР - ученых, проектантов, строителей, монтажников, работников транспорта, снабжения, военных, - всех тех, кто обеспечивал возведение необычного сооружения в невиданно короткие для мировой практики сроки.

### РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

		Значения МЭД (прибор ДП-5В)	
		средние	максимальные
1.	Локальная зона объекта «Укрытие»	15 - 200 мР/ч	0,5 - 5 Р/ч
2.	Промзона объекта «Укрытие», в т. ч. «смотровой павильон»	1 - 3 мР/ч	5 - 50 мР/ч
3.	Помещения объекта «Укрытие»: - полуобслуживаемые; - освещенные необслуживаемые; - неосвещенные необслуживаемые	0,3 - 6 мР/ч 10 - 100 мР/ч	0,5 - 20 мР/ч 15 - 1000 мР/ч 1 - 5200 Р/ч
4.	Кровля объекта «Укрытие»: - над реакторным отделением; - над машзалом и деаэрационной этажеркой	1 - 4 Р/ч 0,5 - 2,5 Р/ч	5 - 20 Р/ч 3 - 6 Р/ч
5.	Центральный зал (ЦЗ - 4) блока «Б»	30 - 370 Р/ч	450 - 4200 Р/ч

Радиационное состояние объекта «Укрытие» является его наиболее важной определяющей характеристикой, представляющей непосредственную опасность. Суммарная активность радиоактивных источников, находящихся на объекте, оценивается в настоящее время величиной порядка 20 Мки.

### СОСТОЯНИЕ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ И ВОДЫ НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ» И КОНТРОЛЬ ЗА ВЫБРОСАМИ ИЗ НЕГО



Закрытие воздуха в помещениях объекта «Укрытие» зависит от среды аэрозолей, которые идентичны частицам поверхностного загрязнения помещений, характера проводимых в помещении работ и атмосферных загрязнителей воздуха являющихся изотопы цезия-137 и плутония-239. Радионуклидный состав воды на объекте представлен цезио-излучающими нуклидами, в основном гамма-137, и альфа-излучающими - плутонием-240, плутонием-239, плутонием-238 и америцием-241.

Контроль воздушной среды, воды, протечек и трапных вод на объекте производит персонал группы охраны окружающей среды и контроля воздуха.

После ввода в эксплуатацию стационарной установки пылеподавления над развалом в конце третьего квартала 1989 года среднесуточный уровень из «Укрытия» аэрозолей через вентиляционную трубу снизился на порядок с 8,7 до 0,85 мКи. С 1990 года, благодаря регулярному пылеподавлению, выбросы стали значительно меньше допустимых уровней.

Существующие пути радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в ат-

мосферу делятся на организованные (через вентиляционную трубу) и неорганизованные (через щели в конструкции объекта).

Контроль активности и нуклидного состава выбросов объекта через вентиляционную трубу производит персонал ЧАЭС с помощью стационарной радиометрической установки «Калина».

Оценку неорганизованного выброса через щели наружной оболочки объекта «Укрытие» производит межотраслевой научно-технический центр (МНТЦ) «Укрытие» Национальной Академии наук Украины с помощью метода адсорбирующих планшетов.

Вклад в общий выброс через щели составляет около 10 процентов. На объекте «Укрытие» отсутствуют сбросы в окружающую среду радиоактивных отходов, связанных с функционированием систем и оборудования. Сброс дезактивационных вод и других низкоактивных жидкостей РАО из обслуживаемых помещений организован в систему трапной спецканализации и постоянно контролируется.

Активность удаляемых трапных вод не превышает контрольных уровней и находится в пределах от  $7.7 \times 10^{-9}$  до  $9.2 \times 10^{-7}$  Ки/л.

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

Обеспечение радиационной безопасности и дозиметрического контроля при эксплуатации оборудования и производстве всех работ на объекте возложено на подразделение объекта «Укрытие» - ЦРТК. Временный контрольный уровень годовой дозы внешнего облучения для персонала объекта «Укрытие», как и для персонала Чернобыльской АЭС, установлен в пределах 4,0 сЗв. По данным дозиметрического контроля в целом по объекту «Укрытие» значение среднегодовой индивидуальной дозы внешнего облучения персонала в 1995 году уменьши-

лось на 16 процентов по сравнению с предыдущим годом, однако остается выше, чем на других объектах атомной энергетики.

Контроль внутреннего содержания гамма-излучающих радионуклидов в организме персонала производится ежегодно на плановом медицинском осмотре, а оперативного персонала - ежеквартально.

По данным 1995 года внутреннее содержание радионуклидов в организме допустимо, максимальное содержание цезия-137 составляет 567 нКи.

### ЯДЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

«Укрытие» относится к категории потенциально ядерноопасных объектов. Предполагается в нем находится свыше 205 т ядерного топлива в виде диоксида урана и плутония. Из этого количества 2,3 т - свежее ядерное топливо с обогащением 2 процента по урану - 235. Предполагается оно находится в центральном зале восточной стены. Остальные 203 т - это отработанное ядерное топливо со средним выгоранием 10,9 МВт х суток на кг урана, что соответствует среднему содержанию урана-235 в смеси 1,12%. Содержание делящихся изотопов плутония в отработанном ядерном топливе, находящемся в объекте «Укрытие», составляет 241 - 34 кг. Общее количество изотопов плутония составляет 670 кг.

В сложившихся условиях объект «Укрытие» с точки зрения обеспечения ядерной безопасности распределенное неуправляемое скопление ядерноопасных делящихся материалов без средств аварийной защиты. Полученная к распределению ядерного топлива на объекте по его помещениям не позволяет с приемлемой точностью дать оценку его количества в местах, наиболее значимых с точки зрения обеспечения ядерной безопасности.

Ядерная безопасность объекта в настоящее время оценивается и постоянно контролируется по данным измерений нейтронов, радиационных (гамма-излучений) и тепловых параметров в определенных Технологическим Регламентом точках контроля. Оперативный контроль этих параметров в местах расположения разведанных потенциалов ядерноопасных скоплений ТСМ осуществляется ядерноопасным объектом с помощью систем «Шатер» и «Финиш». Экстраполяция результатов этого контроля на те части

развал реактора четвертого энергоблока ЧАЭС, технологическим Регламентом, находится в режиме ожидания.

### ОБЩЕТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Для обеспечения общетехнической безопасности основное внимание было уделено изучению состояния ответственных строительных конструкций объекта «Укрытие». С целью повышения их долговечности, обеспечения надежности и стабилизации в первом полугодии 1995 г. проведены усиление балок Б-1, Б-2 путем установки опорных металлоконструкций и бетонирования их оснований, установка дополнительных связей на этих же балках, нанесена антикоррозийная защита металлических поверхностей каскадных стен и кровли машзала (площадь 7,5 тыс. кв.м). Завершены второй этап герметизации неплотностей кровли и подготовка к третьему этапу.

Подготовку научно-исследовательским институтом строительных конструкций (НИИСК) представлены предложения по усилению строительных конструкций наружной оболочки объекта «Укрытие».

Проводятся работы по реконструкции электроснабжения объекта с заменой временного оборудования на постоянное. Начаты опытные работы по вентиляции и просушиванию помещений «Укрытия».

Ведутся работы по адаптации «Системы пеленгации и оценки параметров источников сейсмо-акустических полей на объекте «Укрытие».

### ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ»

Объект «Укрытие» в нынешнем состоянии не обеспечивает полной и долговременной локализации топливосодержащих масс. Поэтому необходимо создание дополнительных инженерно-технических средств безопасности для поддержания блока в контролируемом состоянии. В концепции, выработанной в 1993 году жюри международного конкурса проектов и технических решений по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему, предполагается решение этой задачи путем сооружения «Укрытие-2», контейнеризации и складирования РАО внутри объекта. Такой же подход предусматривают «Основные направления деятельности по обеспечению безопасности объекта «Укрытие» на 1995-2000 годы», принятые в качестве официального документа. В нем намечены конкретные работы по практическому решению проблем «Укрытия», в том числе обеспечение текущей безопасности, долговременной безопасности и подготовки к преобразованию.

Сооружением «Укрытие-2» предполагается компенсировать недостатки существующего «Укрытия», а также создать условия для удержания топливосодержащих масс и разбора разрушенного четвертого энергоблока. Для этого в первую очередь потребуются мощности по кондиционированию и трению радиоактивных отходов.

С точки зрения обращения с топливосодержащими материалами как с РАО и обеспечения их долговременной безопасности, система глубоко экранированной защиты должна включать такие инженерные барьеры, как первичная упаковка, контейнер и т.д. Только контейнеризацией и организацией временного хранения ТСМ можно будет перевести в полностью контролируемое состояние ядерное топливо четвертого энергоблока и подготовить его к удалению, что станет заключительным этапом преобразования объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему.

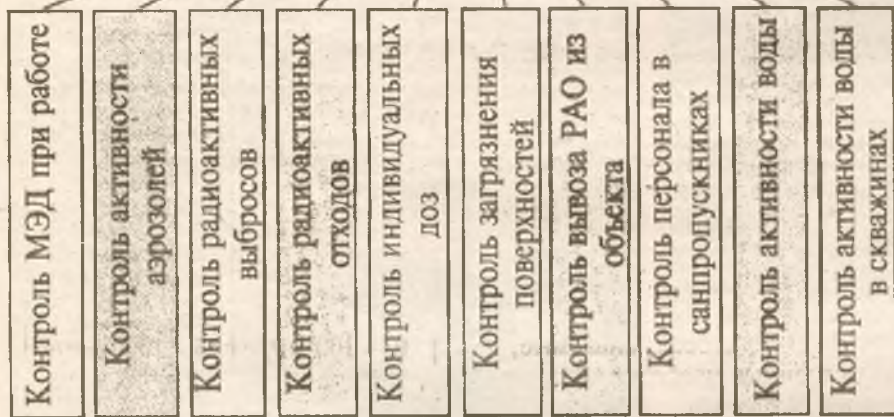
На научно-техническом совете объекта «Укрытие» первоочередными определены работы по созданию нормативно-технической базы для объекта, переводу его в контролируемое состояние, стабилизации состояния «Укрытия», решению технических задач по безопасности объекта в экологически безопасную систему, разработке методов демонтажа и разукрупнения оборудования в условиях объекта, методов извлечения и сортировки РАО, решению вопросов хранения высокоактивных отходов, разработке необходимого оборудования и технологий, обеспечению разработки нормативно-технических документов по «Укрытие-2» и сопутствующим работам.

При условии выполнения всего комплекса намеченных долговременных мероприятий по преобразованию чернобыльского «Титаника» объект «Укрытие» раскроет свои тайны и прекратит существование ко всеобщему удовлетворению человечества.

# “УКРЫТИЕ”: ЗАВТРА

ВНИМАНИЕ: ОСОБО ОПАСЕН

## СИСТЕМА РАДИАЦИОННО-ДОЗИМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ



### ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Техническое обслуживание объекта «Укрытие» включает в себя обслуживание оборудования и систем объекта, постоянный контроль состояния топливосодержащих масс, радиационной обстановки по удельной активности сбрасываемого воздуха, периодический контроль радиационной обста-

новки по маршрутам движения персонала, проведение дезактивации этим маршрутам, пылеподавление в помещениях объекта, а также периодический контроль за состоянием конструкций объекта, их осадок и перемещений, состоянием строительных конструкций внутри «Укрытия».

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ»

Составной и неотъемлемой частью обеспечения безопасности объекта «Укрытие» является проведение исследований его состояния, необходимых как для обеспечения безопасной эксплуатации объекта, так и для разработки безопасного проведения его в экологически безопасное состояние. В настоящее время проводятся исследовательские работы по заключенным договорам, которые имеют в основном практическую направленность. Это создание новой «аварийной системы пылеподавления», разработка комплекса превентивных мер по обеспечению контроля за состоянием строительных конструкций и их укреплению, создание системы ра-

диационного контроля, разработка схемы переработки жидких радиоактивных отходов (ЖРО), исследование загрязнения промплощадки Чернобыльской АЭС и его влияния на грунтовые воды, разработка технических предположений по сбору и контейнеризации топливосодержащих масс в бассейне-барботере, разработка робототехнических средств для работы в условиях объекта «Укрытие», разработка и создание единой системы контроля и безопасности объекта, разработка и создание оборудования для установки оперативного ввода нейтронно-поглощающих материалов в основные скопления топливосодержащих масс.



объекта, где существуют точки наблюдения, в настоящее время невозможна или затруднена. Поэтому состояние ядерной безопасности «Укрытия» остается предметом дальнейших исследований. Все исследования и опыт девятилетней работы на объекте указывают на то, что в сложившемся реальном состоянии его, топливосодержащих масс подкритичны. Однако полученная к настоящему времени экспериментальная информация о распределении, конфигурации и составе отработанного ядерного топлива «Укрытие» не обладает точностью, достаточной для обоснованного прогноза ядерной безопасности в местах его нахождения, в том числе в предполагаемых похоронных. Потенциально ядерной опасности объекта (вероятности возникновения самоподдерживающейся цепной реакции) связано с попаданием в ТСМ воды и возможностью, создающих риск возникновения критических композиций и критической геометрии топливосодержащих масс.

Для обеспечения ядерной безопасности основное внимание уделяется развитию системы контроля ТСМ, разработке и изготовлению систем ввода нейтронно-поглощающих материалов. Обеспечивается работоспособность информационно-диагностического комплекса «Шатер». Введена в опытную эксплуатацию система аварийной сигнализации о возникновении самоподдерживающейся цепной реакции деления. Отрабатываются технические предположения по созданию единой системы контроля ЦПР, РДК с возможностью развития объемов контроля при производстве работ по преобразованию объекта «Укрытие».

Для обеспечения ядерной безопасности объекта «Укрытие» путем увеличения подкритичности ТСМ предназначена штатная система подачи раствора метабората калия в