



РОСАТОМ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ «РОСАТОМ»



Опыт работы АО «ОДЦ УГР» по выводу из эксплуатации уран-графитовых реакторов

Генеральный директор АО «ОДЦ УГР»

Изместьев Андрей Михайлович

«ОПЫТНО-ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПО ВЫВОДУ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ УРАН-ГРАФИТОВЫХ РЕАКТОРОВ»

Цель деятельности АО «ОДЦ УГР»:

обеспечение вывода из эксплуатации однотипных объектов использования атомной энергии на основе унифицированных технологий и последующего их применения на предприятиях отрасли.

База для развития технологий вывода из эксплуатации – промышленные площадки АО «ОДЦ УГР» (5 остановленных ПУГР).



Северная площадка (пл.11) – 2 ПУГР



Южная площадка (пл.2) – 3 ПУГР

ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ ПУГР ЭИ-2



Внешний вид здания ПУГР ЭИ-2

Здание ПУГР ЭИ-2

Размеры в плане 51,3×52,0 м;

Верхняя отметка 31,5 м;

Нижняя отметка – 38 м.

Строительные конструкции подземной части монолитные железобетонные.

Шахта реактора

Размеры в плане 20,6×20,6 м.

Верхняя отметка 0,00 м;

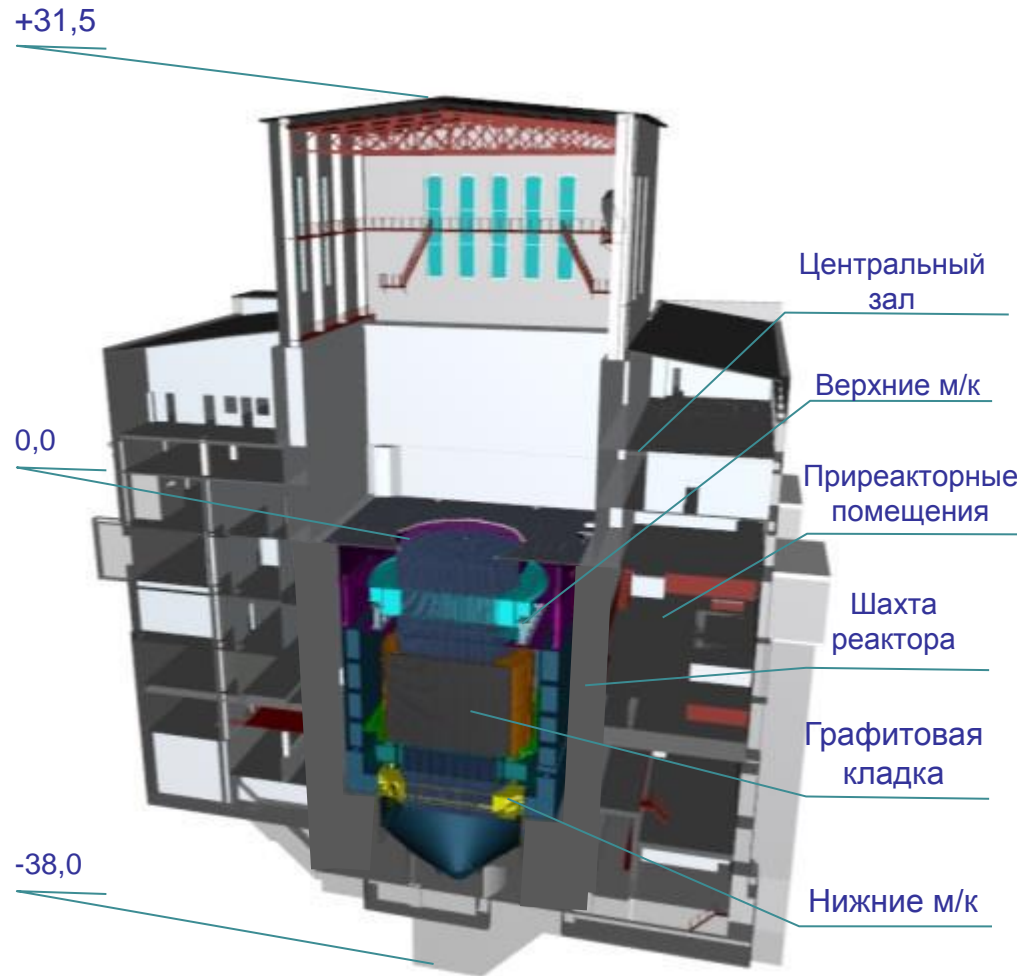
Нижняя отметка – 21,4 м.

ПУГР ЭИ-2 - двухцелевой промышленный реактор.
Ввод в эксплуатацию - 1958 г.
Окончательный останов – 1990 г.



3-D модель здания ПУГР ЭИ-2

ИСХОДНОЕ СОСТОЯНИЕ ПУГР ЭИ-2



Разрез здания ПУГР ЭИ-2

Общий вес металлоконструкций реакторной установки в пределах шахты реактора – 3000т.

Общий вес кладки – 1422,6 т.

Объем кладки – 804 м³.

Продукты активации графита - ³H, ¹⁴C, ³⁶Cl, ⁶⁰Co.

Активность ¹⁴C (~10⁵-10⁶ Бк/г) составляет 95% активности облученного графита.

В период с 1961 по 1987 произошло 9 аварий с нарушением целостности оболочки ТВЭЛ.

Облученный графит может стать источником загрязнения окружающей среды техногенными радионуклидами

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ВАРИАНТА ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР

При обосновании выбора варианта учитывали:

- размещение всех 13 ПУГР РФ на площадках, находящихся в зонах, где уже существуют поверхностные, подземные хранилища и могильники РАО, образовавшиеся в процессе выполнения военных программ;
- размещение графитовых кладок ПУГР ниже уровня земли;
- данные по паспортизации облученного графита, формам нахождения радионуклидов;
- результаты расчетов, показавших, что вывод из эксплуатации ПУГР по варианту захоронение на месте, требует меньших, по сравнению с вариантом «ликвидация», трудо- и дозозатрат и является более приемлемым с материально-технических и экономических позиций.

Выполнено научное обоснование способа создания пункта захоронения ПУГР.

Настоящая физическая форма реакторного графита является самой компактной. Любая переработка облученного реакторного графита приводит к росту объемов РАО, изменяет их агрегатное состояние, увеличивает риски и затраты.

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР ЭИ-2

1. Принцип оптимизации - радиационное воздействие, связанное с выводом из эксплуатации ПУГР, должно поддерживаться на возможно низком и достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов (принцип ALARA).
2. Принцип защиты будущих поколений - прогнозируемые уровни облучения будущих поколений не должны превышать допустимые уровни облучения населения, установленные действующими нормативными документами.
3. Принцип многобарьерности - безопасность вывода из эксплуатации ПУГР должна обеспечиваться применением системы защитных барьеров на пути распространения ионизирующего излучения и радиоактивных веществ в окружающую среду.

ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ ВЭ ПУГР ЭИ-2

2008	«Концепция вывода из эксплуатации ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения», утвержденной Генеральным директором Госкорпорации «Росатом» 30.01.2008 г
2009	«Концепция вывода из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов по варианту безопасного захоронения на месте», утвержденная 28.12.2009 г. введенная Приказом Генерального директора Госкорпорации «Росатом» в 2010 г
2011	Федеральный закон от N 190-ФЗ от 2011 г. «Об обращении с радиоактивными отходами ...» «Локальная объектовая концепция вывода из эксплуатации ПУГР ОАО «СХК» по варианту «Радиационно-безопасное захоронение на месте» с технико-экономическими оценками», утвержденная директором Дирекции по ядерной и радиационной безопасности Госкорпорации «Росатом» в 2011 г
	«Протокол совещания от 08.09.2011 г. в Госкорпорации «Росатом» по вопросам захоронения на месте ПУГР ЭИ-2, утвержденный Директором Дирекции по ЯРБ от 03.10.2011 г
2012	Проведение КИРО, разработка проекта ВЭ, проведение НИОКР по выбору материалов и обоснованию безопасности создаваемого пункта Получение лицензии на ВЭ Начало практических работ по ВЭ
2015	Завершение практических работ по ВЭ, создание пункта консервации особых РАО

КОНЦЕПЦИЯ ВЫВОДА ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР

1. Полный демонтаж обеспечивающих систем и оборудования ПУГР ЭИ-2 за исключением реакторной установки.

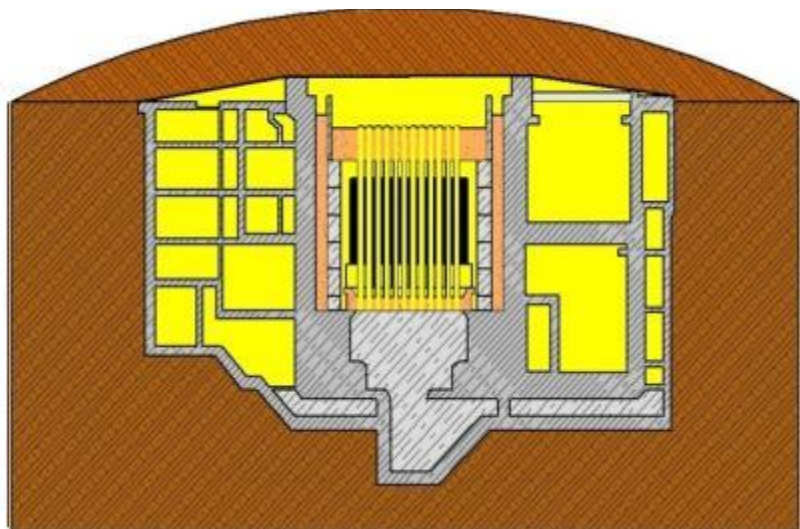
2. Бетонирование помещений нижних отметок и подреакторного пространства до нижней плиты биологической защиты.

3. Максимальное заполнение приреакторных помещений и внутриреакторных пространств барьерными смесями на основе природной глины.

4. Дезактивация строительных конструкций.

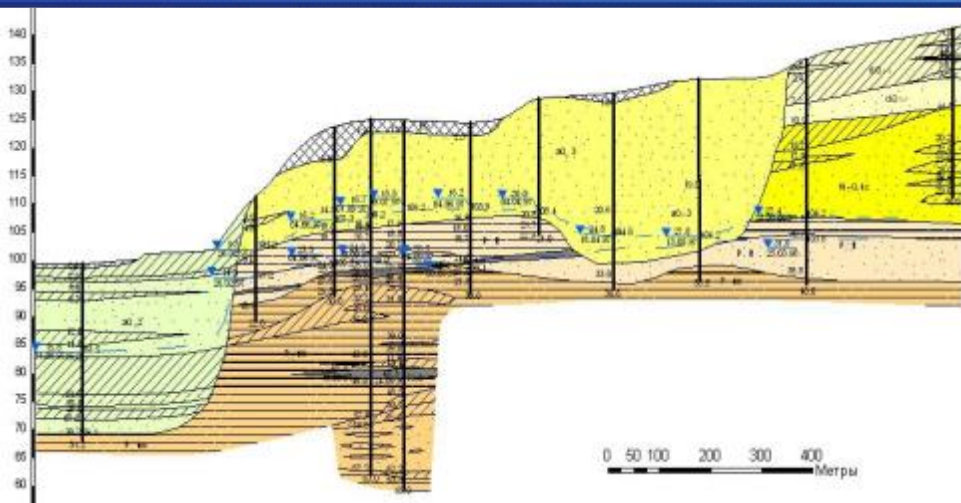
5. Демонтаж надземной части ПУГР ЭИ-2.

6. Создание барьера, препятствующего атмосферному воздействию на объект.



ПУГР ЭИ-2, выведенный из эксплуатации, по состоянию на конец 2015 г. (целевой показатель ФЦП) характеризуется, как пункт консервации особых РАО.

ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



Геологический разрез площадки размещения ПУГР ЭИ-2



Схема расположения площадки ПУГР относительно зоны разгрузки грунтовых вод

1. Геологические изыскания в зоне размещения ПУГР ЭИ-2.
2. Сорбционно-емкостные свойства геологической среды.
3. Параметры сорбции для наиболее значимых долгоживущих радионуклидов в породах водоносного горизонта.

Радионуклид	Коэффициент распределения в песчано-глинистых породах, м ³ /кг
³ H	не сорбируется
¹⁴ C	не сорбируется
³⁶ Cl	не сорбируется
⁹⁰ Sr	0,30-0,48
изотопы Cs	6,5-9,3
изотопы U	0,14-0,21
²³⁷ Np	0,62-1,5
изотопы Pu	4,8-6,9
изотопы Am	5,5-7,8
²⁴⁴ Cm	5,5-7,8
⁶⁰ Co	1,6-3,0

ПРЕДПРОЕКТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выбор барьерного материала

КРИТЕРИИ :	РЕШЕНИЯ:
Стабильность свойств на период сохранения потенциальной опасности РАО, экологическая безопасность, доступность	Природные материалы
Высокая сорбционная способность к различным по химическим свойствам радионуклидам, пластичность	Смеси природных материалов на основе глин или глинистых пород
Низкая водопроницаемость, естественное уплотнение, хорошая растекаемость	Смеси с определенной влажностью и гранулометрическим составом, прошедшие механообработку

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Разработан состав барьерного материала на основе механоактивированной смеси природных глин;

2. На основании результатов расчетной оценки подтверждено, что прогнозируемая удельная активность радионуклидов составляет 10^{-3} Бк/кг, исключая С-14 и Сl-36, в месте разгрузки водоносного горизонта в реку Томь (время моделирования 10 000 лет);

3. Подтверждено, что при любом сценарии эволюции событий не прогнозируется превышение УВ наиболее мобильных радионуклидов С-14 и Сl-36.

4. На основании данных исследований, обосновывающих безопасность ВЭ по сценарию «Захоронение на месте» разработан проект вывода из эксплуатации и получена лицензия на выполнение работ по выводу из эксплуатации ПУГР ЭИ-2.

ТЕХНОЛОГИИ

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА СТАДИЯХ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА И ПРИ ВЫВОДЕ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПУГР АО «ОДЦ УГР»

Технологии,
используемые при
проведении КИРО
основного
оборудования,
зданий,
сооружений,
площадок
размещения

Технологии
демонтажа
основного и
вспомогательного
оборудования,
зданий,
сооружений

Технологии
создания
дополнительных
барьеров
безопасности при
консервации
реакторных
установок и
содержимого
хранилищ ТРО

Технологии
обращения с
РАО,
накопленными в
процессе
эксплуатации и
образующимися
в процессе ВЭ
УГР

Технологии КИРО

Радиационное обследование

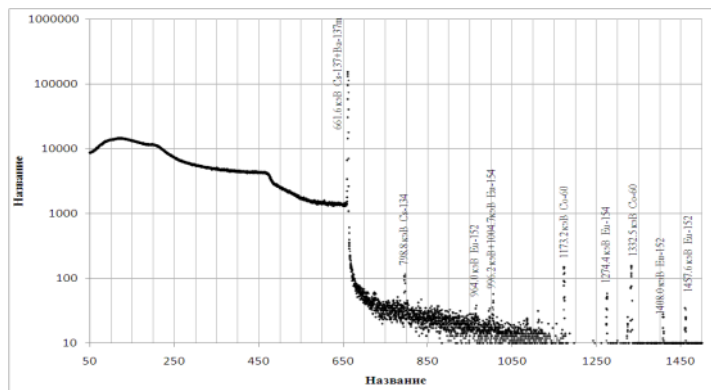
Использование мобильных спектрометрических комплексов и полевых пробоотборных приспособлений



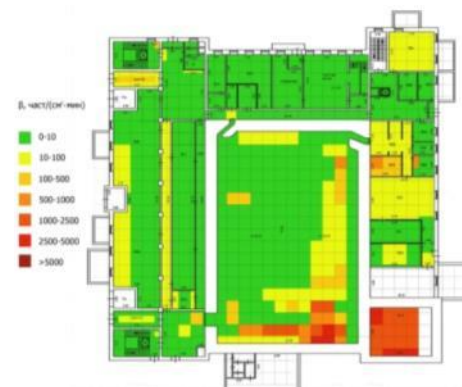
Пробоотбор материалов загрязненных конструкций для спектрометрии



Мобильные спектрометрические комплексы



Определение радиационных характеристик



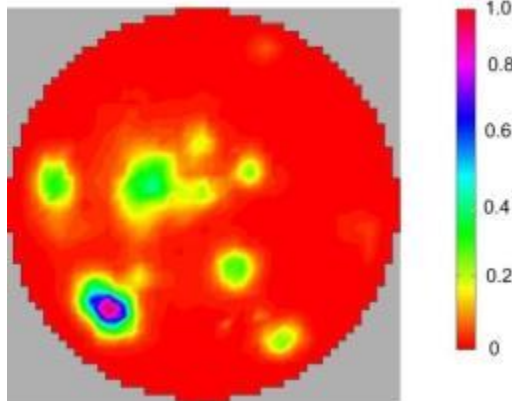
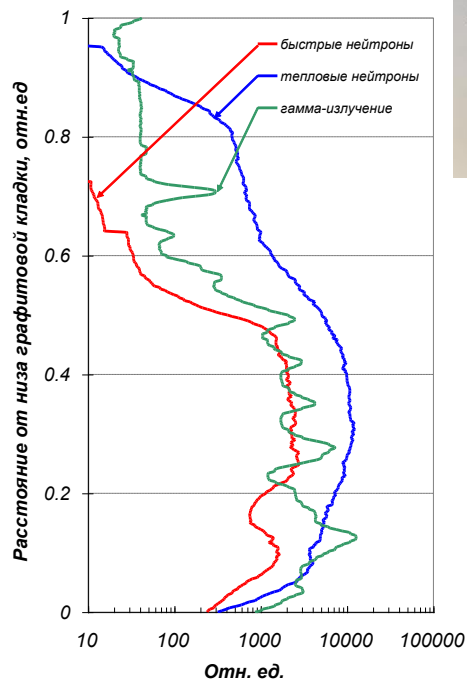
Технологии КИРО

Радиационное обследование

Уточнение содержания C-14, Si-36 и других радионуклидов, формы их нахождения в блочном графите, строительных материалах и металлоконструкциях

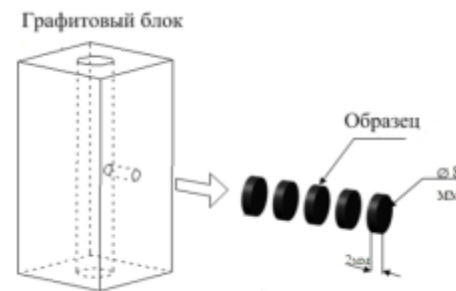


Оборудование для гамма-нейтронного каротажа

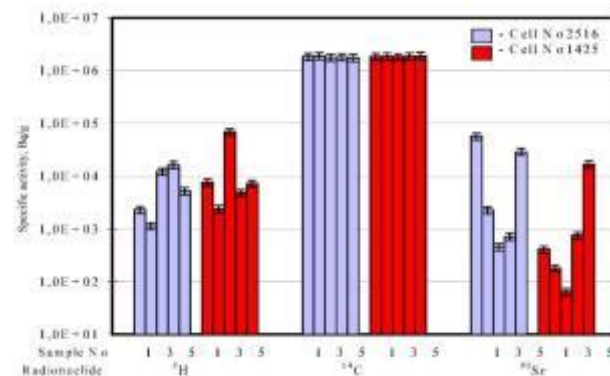


Определение зон локализации просыпей топлива

↓
Расчет массы просыпей топлива



Отбор образцов



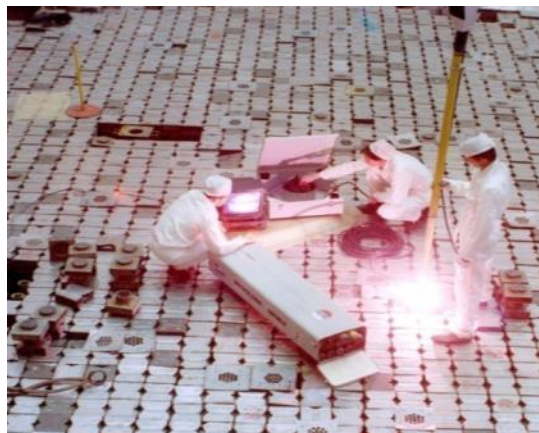
Определение изотопного состава и активности образцов

Гамма и нейтронное сканирование УГР

Технологии КИРО

Инженерное обследование

Оценка состояния строительных конструкций здания ПУГР путем проведения визуального контроля и дефектоскопии



Измерение прочностных характеристик бетона строительных конструкций

Эндоскопическое обследование через технологические проходки



Визуальное обследование строительных конструкций здания и технологического оборудования

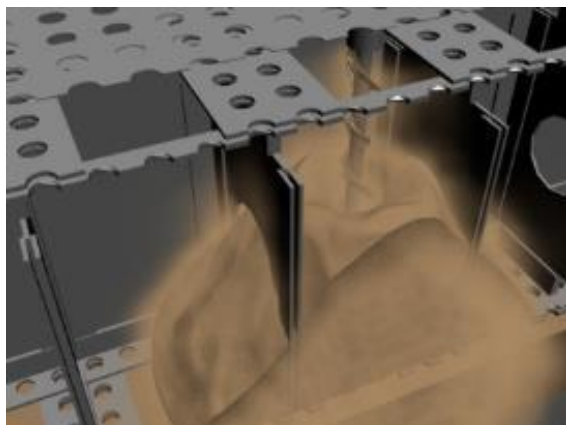


Отслежена трещина на вертикальной плите отсека с переходом на горизонтальную плиту (фото 1). Установлена общая длина трещины. Капиллярным методом обнаружен конец трещины (фото 2 и фото 3).

Технологии создания барьеров

Создание дополнительных барьеров безопасности

Достижение максимального заполнения труднодоступных технологических полостей смесью природных глин, включая стадии компьютерного моделирования и макетных испытаний.



Моделирование технологии
заполнения полостей



Начальная стадия
макетных испытаний



Технология максимального
заполнения полостей реакторной
установки.
Результат макетных испытаний

Технологии дезактивации и кондиционирования

Обращение с РАО Способы дезактивации различных материалов Кондиционирование иловых отложений



Дезактивация стен центрального зала



Дезактивация РАО из алюминиевых сплавов



Кондиционирование иловых отложений (заключение в МКФ-матрицу)



Отбор проб образцов МКФ-керамики с включениями и без включений ила



Механические испытания образцов МКФ-керамики с включениями ила

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Демонтаж систем и оборудования, извлечение, дезактивация, фрагментация, сортировка и упаковка и размещение на площадке временного хранения



Начальная стадия демонтажа металлоконструкций



Завершающая стадия демонтажа металлоконструкций

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Размещение РАО на площадке временного хранения



Транспортировка контейнеров МК-1,36 Контейнеры с РАО на площадке временного хранения

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Выполнение технологических проходов в труднодоступные полости для транспортировки барьерного материала (работы проводились с применением средств дистанционного визуального контроля).



Проходка через металлоконструкции верхней биологической защиты (схема «Е»)



Проходка через металлоконструкции нижней биологической защиты (схема «Р»)



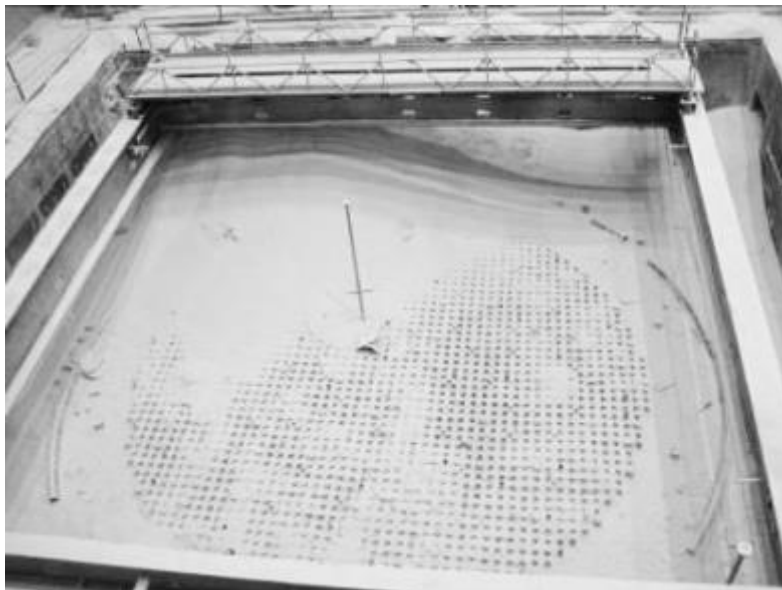
Полость между нижними металлоконструкциями



Проходка через перекрытие вне реакторных помещений

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Установка каналов для периодического длительного контроля за состоянием внутреннего барьера.



Каналы контроля в графитовой кладке и реакторном пространстве



Канал контроля в технологической шахте

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Последовательное заполнение приреакторных помещений и



Заполнение приреакторных помещений



Заполнение пространств в пределах шахты реактора (под реактором, междиафрагменное пространство, реакторное пространство, технологические тракты, бак схемы «Е»).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Демонтажи наземных строительных конструкций здания ПУГР



Демонтаж строительных конструкций здания



Демонтаж строительных конструкций центрального зала

Сооружение защитного покрытия

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Создана система комбинированных защитных барьеров:

- под графитовой кладкой – 22м;
- по периметру графитовой кладки – 22м;
- над графитовой кладкой – 13м.

2. Объем засыпанного барьерного материала:

- в пределах шахты реактора - 4500 м³;
- за пределами шахты реактора (в приреакторных помещениях) - 36 644 м³;
- барьер, препятствующий атмосферному воздействию на объект - 85 820 м³.

3. Извлечено металлических РАО - 1160т (категория НАО), упаковано в контейнеры 175 шт.

4. Оставлено без извлечения РАО – 2676т (графит - 1422,6 т), объем - 975 м³ (категория САО) (графит - 975 м³) суммарная активность - $1,85 \times 10^{15}$ Бк, основные дозообразующие радионуклиды на момент завершения работ Cs-137, Co-60.

5. Упаковано - 300 м³ кондиционированных иловых отложений в контейнеры НЗК-150-1,5П (375шт).

6. Демонтировано надземных строительных конструкций -11 340 м³.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Практически завершены работы по созданию пункта консервации «Особых РАО». Работы выполняются впервые в мире и аналогов не имеют.
2. Принятие решения по другим ПУГР требует индивидуального подхода, что связано с различиями в составе графита, условиях эксплуатации реакторов, геологических и гидрогеологических характеристик в зонах размещения ПУГР.
3. Оптимизация затрат на ВЭ без снижения надежности создаваемых пунктов консервации возможна:
 - при получении объективных исходных данных по результатам КИРО, что дает возможность избежать консервативных проектных решений по ВЭ и минимизировать затраты;
 - при разработке, внедрении и постоянном совершенствовании технологий ВЭ и обращения с РАО, что позволяет оптимизировать затраты на услуги по ВЭ под ключ;
 - если выполнять работы по ВЭ без извлечения металлических НАО из углеродистой стали. Исследования, проведенные ИФХЭ РАН показали, что продукты коррозии улучшают противомиграционные свойства барьерного материала.

Стоимость создания пункта консервации с извлечением всего объема металлических РАО

2,3 млрд. руб.



РОСАТОМ



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ