

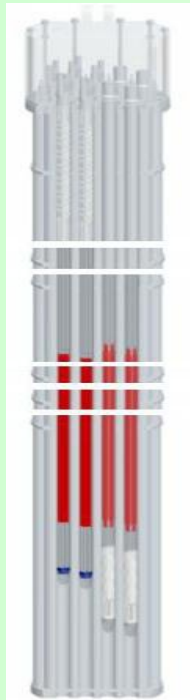
**ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛКИ
КАССЕТ С ОЯТ РЕАКТОРОВ АМБ В УСЛОВИЯХ
БЕЛОЯРСКОЙ АЭС**

(Смирнов В.П., Нехожин М.А., Семеновых С.В.,
Гаязов А.З. - ФГУП «ФЦЯРБ»;
Комаров С.В., Серебряков В.В. - ООО НПФ «Сосны»)

Предварительное обоснование РБ осуществлялось в рамках работ по теме «Обеспечение безопасности хранения ранее накопленного отработанного ядерного топлива реакторов АМБ в действующем хранилище АЭС и подготовки к его вывозу с Белоярской АЭС», предусмотренных государственным контрактом № Д.4ш.21.04.09.1176 от 27.04.2009.

Исходное размещение ОЯТ АМБ

БАЭС



К-35



К-17н



К-17у

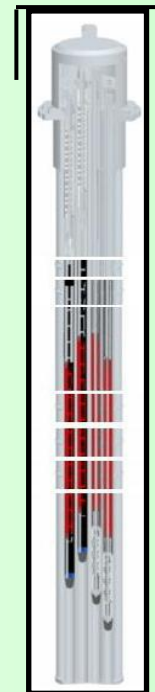
Хранение на БАЭС: возможна течь и невозможность ремонта БВ.

Хранение на ПО «Маяк» герметичное, имеется возможность ремонта БВ.

ПО «Маяк»



К-17н



К-17у (в чехлах)

Проблемы вывоза кассет ОТВС АМБ с БАЭС на хранение

1. **ОТВС после выгрузки из реактора не разделявались до твэла. Нестандартные габариты ОТВС и кассет с ОТВС** (нестандартный транспортный контейнер, отсутствие места для безопасного размещения кассет с ОТВС, невозможность приемки неразделанных ОТВС на ПО «Маяк»).
2. **Плохое состояние ОТВС кассет К-17У. Сложность осушки ОЯТ и невозможность обоснования длительного сухого хранения разрушенного ОЯТ.**
3. **Недостаточная прочность кассет К-17у с ОТВС для их транспортировки с АЭС без доп. стабилизации кассет в пенале. Исключается переработка.**
4. **Совместное хранение вместе ТРО и ОТВС в кассетах. Отсутствие места для извлечения ТРО.**
5. **Отсутствие возможности гарантированного извлечения всех ОТВС из кассет для последующей разделки в штатной ГК. Невозможно выполнить разделку всех ОТВС в ГК БАЭС.**

Вывод: На БАЭС необходимо место для разделки ОТВС с кассетами и пеналирования ОЯТ в пеналы удовлетворяющие габаритным требованиям существующих ТУК и мест хранения.

Проблемы вывоза кассет с ОТВС АМБ на ПО «Маяк»

1. Невозможно на БАЭС организовать производительную удаление воды из кассет с ОТВС АМБ и гарантированную осушку поврежденных и негерметичных ОТВС. Удаление воды из К-17 - 4 суток, из К-35 – min 16 суток без учета осушки ОЯТ.
2. Невозможна приемка кассет с совместным хранением ОТВС с ТРО. Необходимо организация мест извлечения ТРО на БАЭС (сложность выполнения, высокие доз.нагрузки).
3. Невозможность переработки ОЯТ стабилизированных кассет К-17у. Перевозка без стабилизатора не возможна.
4. ПО «Маяк» запрещено принимать не перерабатываемый ОЯТ. Необходим НИР по переработке. Работы начаты в рамках ФЦП, завершение: УО –2009г. и У – 2010г.
5. В бассейне-хранилище ПО «Маяк» имеется max 13 мест хранения К-17н с ОТВС при сохранении возможности ремонта бассейна и возможности врезки пристроя с ГК для разделки.
6. Отсутствует возможность приема ТУК-84 и размещения кассет К-35 в бассейне. Необходима модернизация ЖДК (2009г.) и бассейна хранилища ПО «Маяк» (2011г.).
7. Размеры кассет не позволяют подать ее на переработку по штатной схеме ОПИР ПО «Маяк». Необходимо создание дополнительного места для разделки и пеналирования ОЯТ в пеналы, удовлетворяющие требованиям штатного ОПИР. Создание «горячей» камеры и прием на ПО «Маяк» ОЯТ в кассетах не ранее 2018г.
8. Существующих мощностей по хранению ТРО ПО «Маяк» недостаточно для хранения ТРО разделки кассет с ОЯТ АМБ с БАЭС. Необходимо создание дополнительных мест хранения ТРО.
9. ПО «Маяк» готово принимать ОЯТ АМБ в пеналах, удовлетворяющих требованиям штатного ОПИР после включения топлива АМБ в реестр перерабатываемого (2009-2010г.г.). Имеются более 70 пустых чехлов тип 12 в бассейне на ПО «Маяк» для организации временного в хранения пеналов с ОЯТ в мелководной части бассейна хранилища на ПО «Маяк».

Вывод: На БАЭС необходимо место для разделки ОТВС с кассетами и пеналирования ОЯТ , а также завершение работ по разработке технологий переработки ОЯТ АМБ.

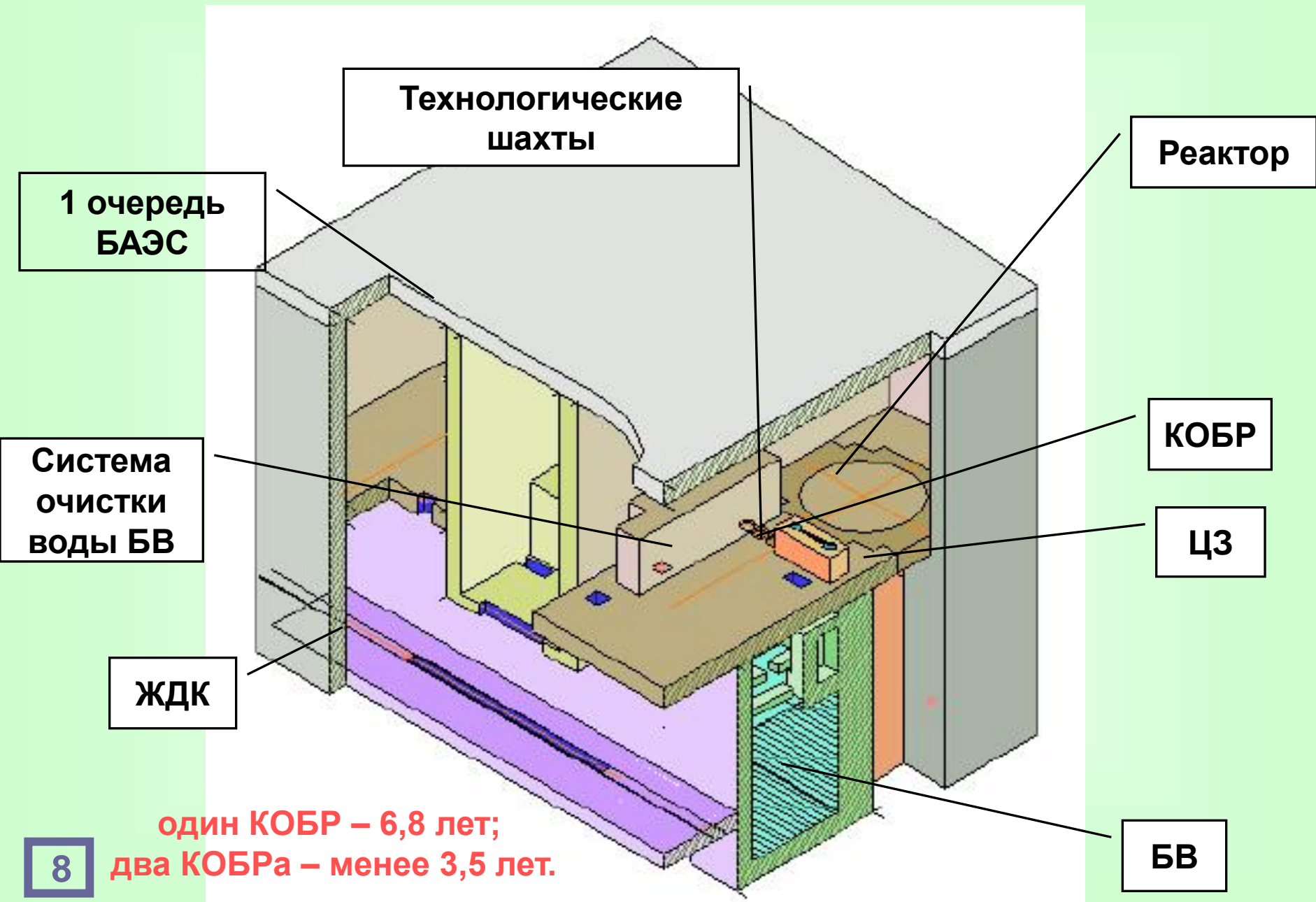
ФГУП «ФЦЯРБ» и ООО НПФ «Сосны» предложили технологию, предусматривающую:

- разделку кассет с ОТВС на топливную и конструкционную составляющие в комплексе оборудования безопасной разделки (КОБР) на Белоярской АЭС;
- упаковку топливных фрагментов в герметичные пеналы, удовлетворяющие настоящим требованиям ПО «Маяк»;
- упаковку конструкционных фрагментов ОТВС категории ВАО в упаковки ТРО и организацию их временного хранения на Белоярской АЭС;
- упаковку конструкционных фрагментов кассеты категории ВАО, САО и НАО в НЗК и организацию хранения НЗК в наземном хранилище на территории БАЭС;
- вывоз пеналов с ОЯТ АМБ с Белоярской АЭС.

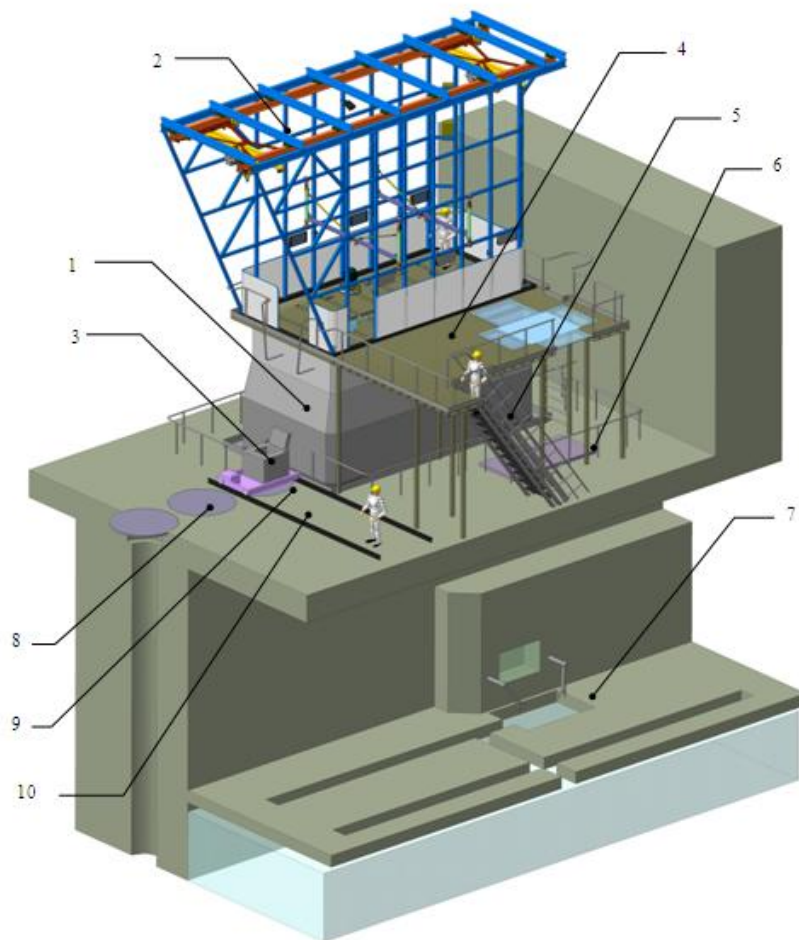
Состав комплекса оборудования безопасной разделки (КОБР):

- **участок разделки и пеналирования (УРиП);**
- **участок подготовки пеналов с ОЯТ;**
- **участок загрузки пеналов с ОЯТ в ТУК;**
- **участок обращения с ТРО;**
- **участок хранения ТРО категории ВАО;**
- **участок дезактивации;**
- **участок системы водоочистки;**
- **участок ремонта оборудования и инструмента;**
- **участок временного хранения рабочей площадки;**
- **пульт начальника смены и диспетчера КВО**

Размещение КОБР в ЦЗ на БАЭС



Основные элементы УРиП



1–подиум; 2–съёмная рабочая площадка; 3–передвижной защитный периметр; 4–технологическая площадка; 5–лестница; 6– проем в БВ-1; 7–узел загрузки БВ-1; 8 – ТШ-4; 9– ТШ-3; 10 – направляющие тележки передвижного защитного периметра

Схема разделки кассет в УРиП

1. Перемещение кассеты с ОТВС из БВ в УРиП

Центральный зал БАЭС.

Дистанционно

2. Фрагментация кассеты по 0,78м

КОБР ЦЗ

Стеллаж

ТРО

Стеллаж

Рез.

ОЯТ

3. Разделение фрагментов ОЯТ/ТРО

Пенал ОЯТ

Шахта ТШ-1

Шахта ТШ-2

БВ

10

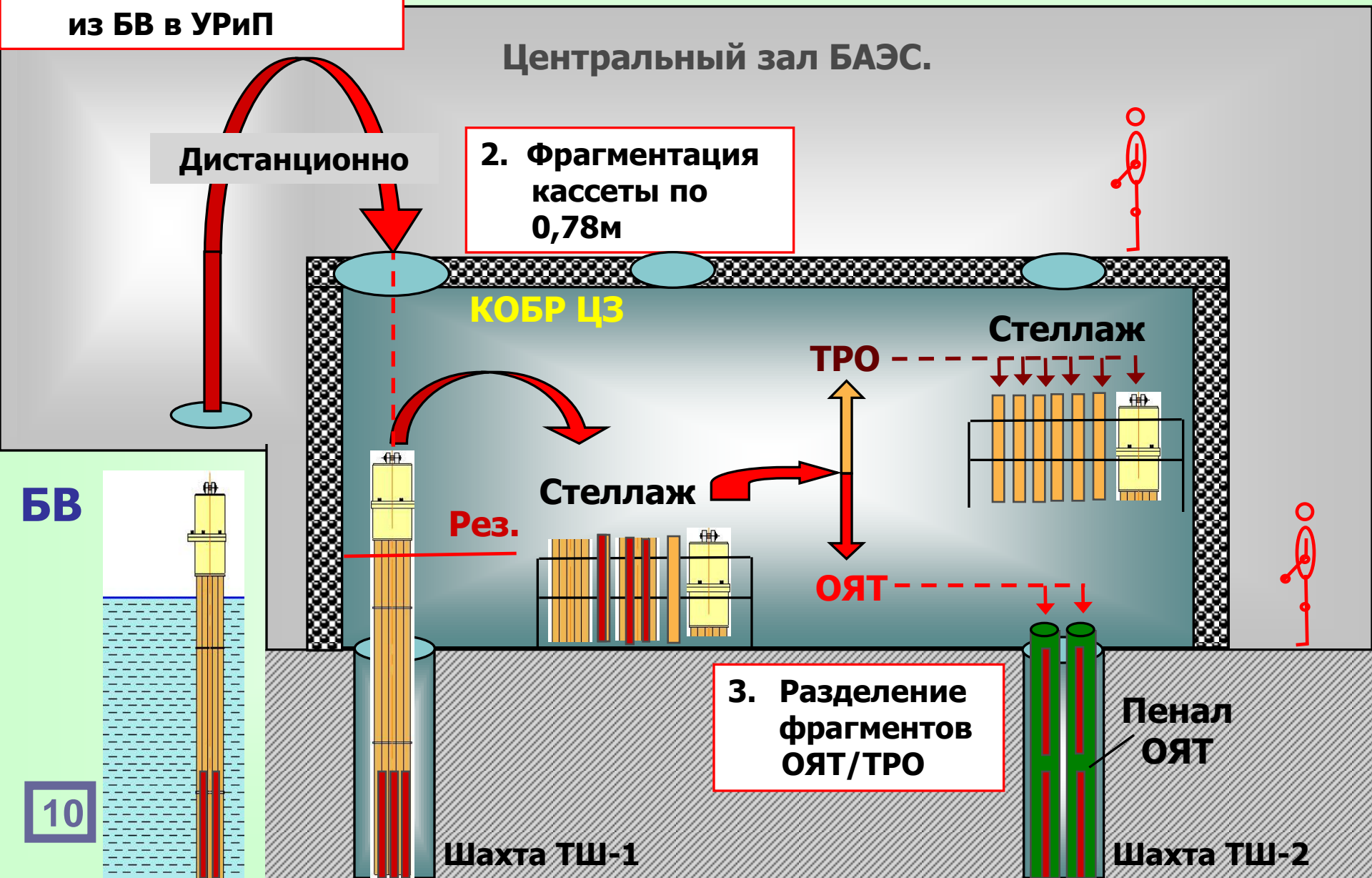


Схема выгрузки ТРО и ОЯТ из УриП

1. Перемещение пеналов ОЯТ в БВ

3. Перемещение ТРО в ЖДК (конт.НЗК).

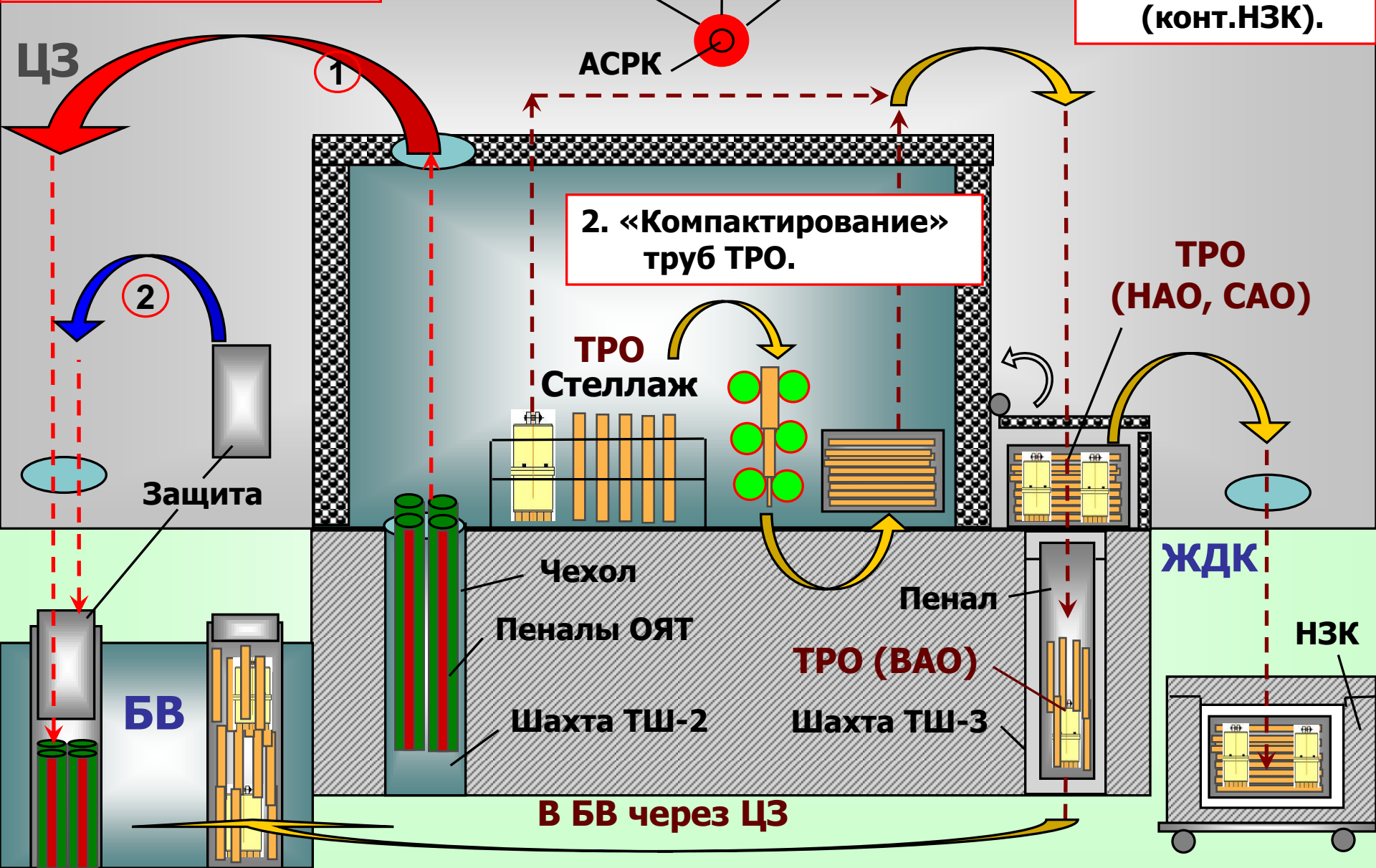
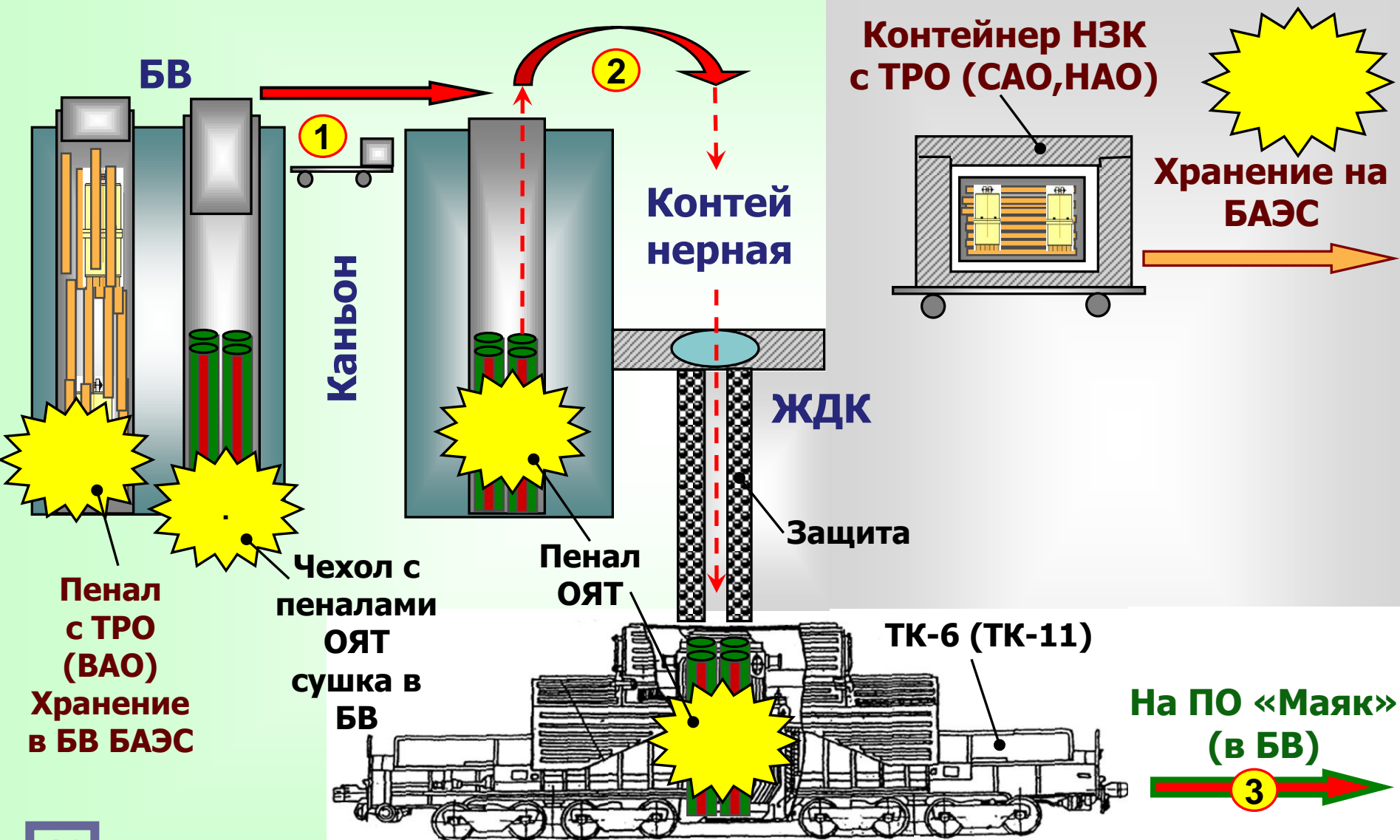


Схема размещения ТРО и ОЯТ.

БВ → Каньон → Контейнерная



Проблемы разделки ОТВС АМБ на БАЭС

1. Отсутствие возможности гарантированного извлечения всех ОТВС из кассет для последующей разделки в штатной «горячей» камере. Необходимо организация нештатных мест разделки.
2. Ограниченный выбор мест возможного размещения КОБР и оборудования. КОБР можно разместить только над ТШ-1,2 ЦЗ.
3. Состояние оборудования БВ:
 - ограниченная зона обслуживания эл.краном менее 55% мест хранения БВ;
 - очень высокие рад.нагрузки в БВ(0,5 - 8 мЗв/час) и т.д.);
 - не исключена некомпенсированная течь БВ.Необходимы автоматизация процессов, создание теневой защиты, выполнение комплекса работ снижающих вероятность течи и ее локализации.

Концепция радиационной безопасности

Ввиду того, что предлагаемые технологии обращения с ОЯТ планируется реализовать в условиях атомной станции, Концепция обеспечения радиационной безопасности данных технологий построена на нормах и правилах радиационной безопасности действующих в условиях АЭС:

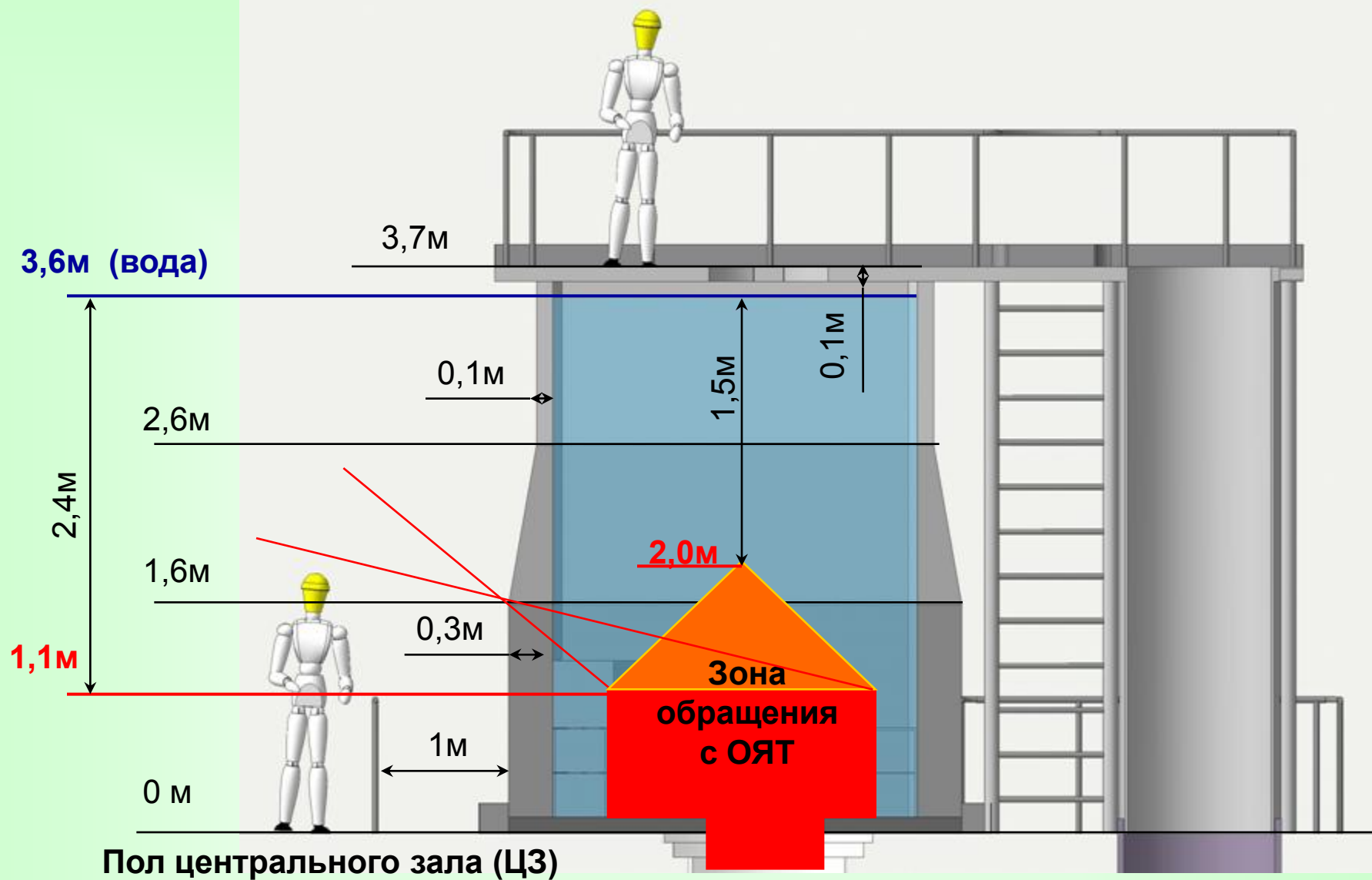
- НРБ-99
- ОСПОРБ-99
- ПРБ-99
- СП АС-03

Основные технологические операции, выполняемые персоналом при разделке кассет

- Прием-сдача смены
- Перемещение кассеты с ОТВС и ТРО со штатного места хранения в БВ-1 в УРиП;
- Разделка кассеты с ОТВС;
- Разделение фрагментов на топливную и конструкционную составляющие;
- Размещение ТРО в ёмкостях ТРО или корзинах ТРО с последующим перемещением их на участок обращения с ТРО;
- Упаковка ёмкостей ТРО в соответствующую выемную часть НЗК на участке обращения с ТРО, загрузка выемных частей НЗК в контейнеры НЗК и перемещение контейнеров НЗК в хранилище НЗК на территории БАЭС;
- Перемещение охранного пенала ОП-17 в узел осушки ОЯТ;
- Осушка пеналов на участке подготовки пеналов;
- Герметизация и проверка герметичности осушенных пеналов;
- Загрузка осушенных пеналов в ТУК-11, установленный в ЖДК, через технологический проем «Контейнерная – ЖДК».

Основные источники радиационного воздействия на персонал

- **гамма- излучение ОТВС, находящихся в бассейнах выдержки и в подиуме УРиП;**
- **гамма-излучение загрязненной воды бассейнов выдержки, систем и участков КОБР;**
- **поверхностное радиоактивное загрязнение рабочих помещений;**
- **объемная активность радиоактивных аэрозолей в воздухе рабочей зоны;**
- **гамма- излучение трубопроводов обеспечивающих систем;**
- **гамма- излучение ОЯТ в пенале;**
- **гамма-излучение ТРО.**



Основная зона обращения с ОЯТ в УРиП, при выполнении работ и временном размещении ОЯТ на стеллажах.

Кратковременно используемая зона обращения с ОЯТ в УРиП, при перемещениях.

* - не более 20 мин. за 8 часов.

**Для характеристики источника излучения УРиП
проведены расчеты:**

- Поступления радионуклидов в воду УРиП при разделке неаварийных и аварийных кассет;**
- Объемной активности радионуклидов воде УРиП;**
- Динамики изменения объемной активности радионуклидов в воде УРиП при работающей системе очистки воды;**
- Мощностей доз на рабочих местах персонала, обусловленных загрязненной водой УРиП и продуктами разделки ОТВС.**

При определении поступления радионуклидов в воду УРиП

1. Рассматривались механизмы поступления:

- поступление РВ в воду УРиП при вскрытии негерметичной кассеты (поступление с чехловой водой);
- поступление РВ при разрезе кассеты (поступление из «опилок»);
- поступление РВ в воду вследствие коррозии топливной матрицы;
- поступление активности при вскрытии негерметичной ОТВС (высыпание прокорродировавшего ОЯТ);
- поступление при компактизации чехловых труб (доля от величины поверхностных отложений).

2. Сформулирован критерий выбора наиболее консервативных и представительных кассет для проведения расчетных оценок радиационной безопасности

3. Выбраны «расчетные» кассеты с ОТВС

4. Определена динамика поступления радионуклидов в воду УРиП при разделке кассет

Для характеристики источников излучения «рабочие помещения» и «газоаэрозольные выбросы»:

Систематизированы данные по мощностям доз на рабочих местах персонала и уровням поверхностного радиоактивного загрязнения

Рассмотрены основные стадии технологического цикла, защитные барьеры, оценены ОА радионуклидов в воздухе помещений и газоаэрозольные выбросы:

- при транспортировании кассет К-17 и К-35 из БВ-1, 2 в УРиП в подводном и надводном положении;
- при разделке кассет с отделением фрагментов ОТВС с ОЯТ от конструктивных элементов в УРиП (выбросы Kr-85 и аэрозолей);
- при выгрузке и перемещении пеналов ОП-17 с отделенным от конструктивных элементов ОЯТ из УРиП в БВ;
- при обслуживании оборудования УРиП (монтаж, демонтаж рабочей площадки (подиума), удаление, донных отложений, замена оборудования и т.п.)

Биологическая защита (принятые технические решения):

- Защита от излучения кассет, располагаемых в подиуме УРиП, и их фрагментов - слоем воды, толщиной стенок подиума, толщиной стенок защитного кожуха, конструкцией рабочей площадки (основного места нахождения персонала при работах в УРиП)
- Система водоочистки УРиП;
- Регулировка положения рабочей площадки по высоте;
- Защита от гамма- излучения ТРО с помощью необходимой толщины стенок выемной части НЗК;
- Для предотвращения загрязнения спецодежды и кожных покровов персонала рабочая площадка оборудуется защитной обечайкой;
- Предусмотрен воздушный зазор между рабочей площадкой и зеркалом воды, с системой удаления аэрозолей из-под рабочей площадки;
- При операциях транспортировки кассет, извлечении ТРО из подиума, транспортировке загруженных пеналов ОЯТ и емкостей ТРО - «защита расстоянием».

Биологическая защита (расчеты)

- Расчет мощностей доз на рабочих местах персонала и необходимой толщины защиты от гамма-излучения осуществлялся по программе Microshield 8/0
- Для условий работы на подиуме УРиП, оптимальная толщина защитной плиты (по которой перемещается персонал) составляет 100 мм стали ($P_{\gamma}=6$ мкЗв/ч). Данная защита располагается над коробом для сдувки аэрозолей толщиной 0,1 м. Параметры СВО: расход 30 м³/час, эффективность очистки (отношение ОА воды после очистки к ОА до очистки) – не более 0,1.
- Для боковых стенок подиума необходимая толщина защиты из свинца ($P_{\gamma}=12$ мкЗв/ч) составила: 18 см свинца в нижней части (до высоты 1,6 м относительно пола) и 6,7 см свинца в верхней части подиума УРиП (выше 1,6 м относительно поверхности пола).
- Оптимальная толщина стенок и крышки выемной части НЗК, равна 16 см свинца ($P_{\gamma}=6$ мкЗв/ч).

Оценка дозовых затрат

1. При оценке дозовых затрат рассматривались технологические операции, количественный состав и продолжительность работы различных профессиональных групп персонала при нормальных условиях эксплуатации, мощность дозы гамма-излучения (расчетные и экспериментальные значения)

2. Проведенные оценки ОА радионуклидов в воздухе рабочей зоны показали, что и при использовании средств индивидуальной защиты органов дыхания и при наличии систем вентиляции помещений дозами внутреннего облучения персонала можно пренебречь

Оценка дозовых затрат (продолжение)

Профессиональный и количественный состав смены:¶

- начальник смены—1;¶
- диспетчер КВО—2;¶
- старший оператор—3;¶
- оператор—6;¶
- дозиметрист—2;¶
- контролирующий физик—1;¶
- дежурный электрик—2;¶
- дежурный слесарь КИПиА—1;¶
- крановщик—2;¶
- стропальщик—4;¶
- дежурный оператор обслуживающих систем (дежурный ООС)—1;¶

Время, затрачиваемое на разделку одной кассеты К-17, составляет 190^о часов (8 суток), К-35—304 часа (12,7 суток).¶

Оценка дозовых затрат (продолжение)

$$D_{\text{инд}}^i = MЭД^i \cdot T^i \cdot n^i \quad \text{¶}$$

где $D_{\text{инд}}^i$ — индивидуальная доза, полученная при выполнении i -той операции; ¶

$MЭД^i$ — мощность эффективной дозы гамма-излучения от всех ¶

источников излучения в месте проведения работ; ¶

T^i — время выполнения данной операции; ¶

n^i — количество i -тых операций при разделке одной кассеты. ¶

$$D_{\text{ко}}^i = D_{\text{инд}}^i \cdot N^i \quad \text{¶}$$

где $D_{\text{ко}}^i$ — коллективная доза, полученная при выполнении i -той операции; ¶

N^i — количество персонала, задействованного в выполнении i -той операции. ¶

Оценка дозовых затрат (продолжение)

$$D_{\text{ко}}^j = \sum_i D_{\text{ко}}^{j,i} \quad \text{¶}$$

где, ... $D_{\text{ко}}^j$ — коллективная доза, полученная j -ой профессиональной категорией персонала при разделке одной кассеты; ¶

$D_{\text{ко}}^{jj}$ — коллективная доза, полученная при выполнении ¶

i -той операции j -той профессиональной категорией персонала; ¶

$$\bar{D}_{\text{инд}}^j = \frac{D_{\text{ко}}^j}{N^j} \quad \text{¶}$$

где, ... $\bar{D}_{\text{инд}}^j$ — средняя индивидуальная доза j -той профессиональной категории персонала, полученная при разделке одной кассеты; ¶

N^j — полное количество персонала j -той профессиональной категории. ¶

¶

Рассмотренные аварийные ситуации

- Течь УРиП
- Зависание кассеты с ОТВС при ее перемещении в УРиП
- Полное прекращение электроснабжения
- Падение и нарушение герметичности чехла с кассетой с ОТВС.
Повреждение ОТВС
- СЦР в УРиП
- Пожар
- Падение технологического оборудования или строительных конструкций на УРиП

В числе радиационных последствий аварий оценивались:

- активность РВ, вышедших за пределы защитных барьеров;**
- мощность дозы на загрязненной территории;**
- поверхностная активность на загрязненной территории;**
- объемная активность аэрозолей на загрязненной территории;**
- дозы облучения незащищенного персонала;**
- дозы облучения незащищенного населения.**

Заключение

1. Предлагаемая технология разделки кассет с ОЯТ АМБ, в том числе кассет, находящихся в аварийном состоянии, позволяет решить проблему их вывоза с БАЭС, при дозах облучения персонала, не превышающих пределы, установленные в НРБ-99 для нормальных условий эксплуатации источников ионизирующего излучения.

2. Коллективная эффективная доза при реализации технологии разделки кассет К-17 и кассет К-35 не превышает 0,9 чел·Зв в год при общей продолжительности работ по разделке кассет, равной 6,8 лет. Минимальное количество необходимого персонала для производства работы непосредственно в подиуме УРиП – 30 чел, для выполнения транспортно-технологических операций – 30 чел.

Заключение (продолжение)

3. Дополнительный ожидаемый выброс аэрозолей, обусловленный рассматриваемой технологией, при нормальных условиях эксплуатации оборудования не превысит годовых фактических выбросов БАЭС. Максимальный ожидаемый выброс ⁸⁵ Kr в сумме с фактическим выбросом ИРГ на БАЭС в 2006 г. не превысит 15% от величины допустимого выброса для ИРГ, установленного для БАЭС.
4. Радиационные последствия проектных и запроектных аварий для населения незначительны. Ожидаемая максимальная величина выброса при возможных запроектных авариях и даже при авариях с разрушением установки не приведет к эффективным дозам облучения населения, превышающим 1 мЗв.
5. Окончательная проработка вопросов формирования доз облучения персонала и населения будет сделана после завершения разработки всех технологических решений.

Благодарю за внимание!