



РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНЕЧНЫМ ФОРМАМ УПАКОВОК ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ И ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ВСЕХ КАТЕГОРИЙ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.Д. Кузьмина, В.И. Орловская, Н.В. Горбачева, Э.А. Михалычева, И.О. Мороз, Ю.А. Корчева

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси

2025 г., г. Минск

Актуальность

- Стратегия обращения с радиоактивными отходами, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15.02.2023 № 128 , предусматривает сооружение в Республике Беларусь централизованного пункта захоронения модульного типа для всех видов имеющихся и образуемых в стране радиоактивных отходов.
- До 2030 г. планируются разработка проектной документации на данный объект, а также сооружение и ввод в эксплуатацию первой очереди строительства пункта захоронения радиоактивных отходов. Выбор способа захоронения отходов, конструкции сооружений, состава и свойств барьеров безопасности пункта захоронения напрямую зависит от объемов и характеристик размещаемых РАО.
- В этой связи, в настоящее время одной из основных задач является определение количественных данных по РАО, поступающим на захоронение/долговременное хранение с учетом предполагаемых методов переработки и типов конечных форм упаковки РАО в соответствии с общими критериями приемлемости РАО для захоронения.

Источники образования РАО в Республике Беларусь

РАО Белорусской АЭС:

- РАО, образующихся в процессе эксплуатации;
- РАО вывода из эксплуатации;
- РАО переработки ОЯТ Белорусской АЭС.

РАО, образующиеся при утилизации вооружения, военной и специальной техники

РАО, находящиеся на долговременном хранении в хранилищах УП «Экорес»:

- два законсервированных приповерхностных хранилища твердых РАО заглубленного типа «первого поколения»;
- два законсервированных приповерхностных хранилища твердых РАО заглубленного типа «второго поколения»;
- четыре законсервированных хранилища отработавших закрытых ИИИ колодезного типа;
- эксплуатируемое хранилище кондиционированных твердых РАО наземного типа;
- эксплуатируемое хранилище отработавших закрытых ИИИ с 11 емкостями колодезного типа.

РАО от деятельности потенциальных ядерных установок:

- строительство еще одной АЭС или увеличение количества энергоблоков Белорусской АЭС;
- строительство научно-исследовательского реактора.



Актуальность

- Сводный перечень рекомендуемых конечных упаковок РАО, представленный в данной работе, сформирован на основании морфологии, методов переработки и кондиционирования, а также классов радиационной опасности РАО, образующихся при эксплуатации и выводе из эксплуатации Белорусской АЭС, и РАО, накопленных и извлекаемых из хранилищ спецпредприятия УП «Экорес».
- Кроме того, данный перечень учитывает массогабаритные и радиационные характеристики отдельных крупногабаритных РАО, размещенных в хранилищах спецпредприятия УП «Экорес».



Нормативные документы РБ, регламентирующие общие положения и требования безопасности в области захоронения РАО

- Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности», утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 20.01.2012 № 7 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 18.08.2022 г. № 48)
- Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения», утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 28.09.2010 № 47 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 05.06.2023 № 36)
- Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения», утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16.07.2019 № 47 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 15.05.2020 № 24)
- Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности», утв. постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 03.05.2021 № 32 (в редакции постановления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 18.08.2022 № 48)

Нормативные документы РФ, регламентирующие общие положения и требования безопасности в области захоронения РАО

- НП-055-14. Захоронение радиоактивных отходов. Принципы, критерии и основные требования безопасности
- НП-058-14. Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения
- НП-069-14. Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов. Требования безопасности
- НП-093-14. Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения
- РБ-111-16. Обеспечение безопасности при закрытии пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов
- РБ-117-16. Оценка долговременной безопасности пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов
- РБ-141-18. Рекомендации по разработке критериев приемлемости радиоактивных отходов для захоронения при проектировании пунктов приповерхностного захоронения радиоактивных отходов

Общие критерии приемлемости для захоронения РАО

- РАО, передаваемые на захоронение, должны соответствовать общим критериям приемлемости для захоронения, установленным нормами и правилами по обеспечению ядерной и радиационной безопасности «Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения» (утв. пост. МЧС РФ от 16.07.2019 № 47).
- Общие критерии приемлемости РАО для захоронения устанавливаются в целях безопасного захоронения РАО и определяют требования, достаточные для передачи их в эксплуатирующую ПЗРО организацию:
 - ✓ требования к радиационным характеристикам;
 - ✓ требования к физическим и химическим свойствам РАО, ЗРНИ;
 - ✓ требования к упаковкам РАО и контейнерам.
- Перечень критериев приемлемости РАО для захоронения в определенный ПЗРО и допустимые значения нормируемых показателей устанавливаются и обосновываются в проекте ПЗРО и в отчете по обоснованию безопасности ПЗРО с учетом условий захоронения РАО и особенностей проекта ПЗРО.
- Критерии приемлемости РАО для захоронения в определенный ПЗРО должны обеспечивать достижение общих критериев приемлемости РАО!

Общие критерии приемлемости РАО класса 3

Нормируемый показатель	Значение (требование)
Требования к радиоактивному содержанию	
Способность взрываться	не допускается
Содержание легко воспламеняющихся и самовозгорающихся веществ	не более 1 % от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Содержание веществ, реагирующих с водой с выделением самовоспламеняющихся или воспламеняющихся газов	не допускается
Выделение при взаимодействии с водой, воздухом или другими веществами токсичных газов, аэрозолей и возгонов	не допускается
Содержание химических токсичных веществ	не допускается захоронение РАО, относящихся к I классу опасности (чрезвычайно опасные) согласно классификации, установленной законодательством в области обращения с отходами
Содержание инфицирующих (патогенных) веществ	не допускается
Содержание комплексобразующих веществ	не более 1 % от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Содержание свободной жидкости	не более 3 % от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Требования к упаковке РАО	
Удельная активность размещенных РАО	на основе оценки безопасности конкретного ПЗРО, в соответствии с критериями, установленными законодательством
Мощность дозы гамма-излучения на внешней поверхности упаковки РАО	не более 10 мГр/ч
Нефиксированное (снимаемое) поверхностное загрязнение: бета-излучающие радионуклиды; альфа-излучающие радионуклиды; трансурановые радионуклиды	не более 2×10^3 частиц/(см ² x мин) не более 2×10^1 частиц/(см ² x мин) не более 2×10^1 частиц/(см ² x мин)
Механическая прочность упаковки РАО: прочность при сжатии	не менее 5 МПа
Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	не менее 100 лет
Скорость выхода радионуклидов из упаковки (массовая доля активности, вышедшей из упаковки)	не более 10^{-2} /год для трития; не более 10^{-3} /год для бета/гамма-излучающих радионуклидов,

Общие критерии приемлемости упакованных РАО класса 4

Нормируемый показатель	Значение (требование)
Требования к радиоактивному содержанию	
Способность взрываться	не допускается
Содержание легко воспламеняющихся и самовозгорающихся веществ	не более 1 % от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Содержание веществ, реагирующих с водой с выделением самовоспламеняющихся или воспламеняющихся газов	не допускается
Выделение при взаимодействии с водой, воздухом или другими веществами токсичных газов, аэрозолей и возгонов	не допускается
Содержание химических токсичных веществ	не допускается захоронение РАО, относящихся к I классу опасности (чрезвычайно опасные) согласно классификации, установленной законодательством в области обращения с отходами
Содержание инфицирующих (патогенных) веществ	не допускается
Содержание комплексобразующих веществ	не более 1 % от массы радиоактивного содержимого упаковки РАО
Требования к упаковке РАО	
Удельная активность радионуклидов в упаковке РАО	на основе оценки безопасности конкретного ПЗРО, в соответствии с критериями, установленными законодательством
Мощность дозы гамма-излучения на внешней поверхности упаковки РАО	не более 2 мГр/ч
Нефиксированное (снимаемое) поверхностное загрязнение упаковки РАО: бета (гамма)-излучающие радионуклиды; альфа-излучающие радионуклиды; трансурановые радионуклиды	не более 2×10^3 частиц/(см ² x мин) не более 2×10^1 частиц/(см ² x мин) не более 2×10^1 частиц/(см ² x мин)
Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	до размещения на захоронение

Контейнер, как барьер безопасности

- Конструкция контейнера и его конструкционные материалы должны обеспечивать сохранение его прочностных характеристик и герметичности в период обращения с упаковкой РАО.
- Выбор конструкции контейнера (размеры, механическая прочность, тип уплотнений и строповочных устройств) и его конструкционных материалов для ОЖРО или омоноличенных ТРО осуществляется исходя из выполняемых контейнером функций при кондиционировании РАО и требуемого периода сохранения целостности контейнера.
- Конструкционные материалы контейнеров и материалы, используемые для покрытия поверхностей контейнеров, должны обладать:
 - ✓ минимальной сорбционной способностью по отношению к радионуклидам;
 - ✓ коррозионной и радиационной стойкостью;
 - ✓ термической устойчивостью;
 - ✓ легко дезактивироваться.



Сводный перечень рекомендуемых конечных упаковок РАО

Сводный перечень рекомендуемых конечных упаковок РАО, сформированный на основании морфологии, методов переработки и кондиционирования, а также классов радиационной опасности РАО, основываясь на опыте Российской Федерации и номенклатуре существующих в Российской Федерации сертифицированных контейнеров для РАО, использующихся при размещении РАО в действующие пункты захоронения:

- ✓ металлическая бочка 200 л;
- ✓ металлический контейнер КРАД-1,36;
- ✓ железобетонный контейнер НЗК-150-1,5П, включая НЗК-150-1,5П с металлическим вкладышем и НЗК-ИОС;
- ✓ железобетонный контейнер КЗХ-2кс;
- ✓ металлический контейнер КМЗ-РНИ-РАДОН;
- ✓ чугунный с шаровидным графитом контейнер УКХ ПВ;
- ✓ металлический контейнер ПУ-2СТК-СК;
- ✓ металлический контейнер КМЗ-М.

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Стальная бочка 200 л

Стальную бочку предполагается использовать исключительно в качестве **первичных** упаковок при обращении с очень низкоактивными, низкоактивными и среднеактивными ТРО АЭС, из-за низкой коррозионной стойкости бочек при хранении в пристанционных хранилищах АЭС.

Бочка применяется на стадиях:

- расфасовки, сбора, транспортирования и хранения очень низкоактивных, низкоактивных и среднеактивных ТРО с мощностью дозы гамма-излучения до 0,4 мГр/ч на расстоянии 0,1 м от поверхности;
- сбора, транспортирования и временного хранения в условиях АЭС низкоактивных и среднеактивных ТРО с мощностью дозы гамма-излучения свыше 0,4 мГр/ч на расстоянии 0,1 м от поверхности с предварительной установкой в защитную обечайку;
- хранения (50 лет) в хранилищах, предназначенных для размещения упаковок с кондиционированными РАО;
- хранения 10 лет на открытом воздухе при отсутствии прямого воздействия грунтовых вод и прочих агрессивных сред при условии сохранения лакокрасочного покрытия;
- внутриобъектового транспортирования РАО к месту их переработки и кондиционирования.



Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Невозвратные защитные контейнеры типа НЗК



Контейнер НЗК-150-1,5П с вкладышем



Контейнеры НЗК-150-1,5П

Варианты кондиционирования отходов для НЗК:

- Цементированные РАО (кубовые остатки, смолы, шламы)
- Битумированные ЖРО солевой плав
- Отработавшие ионообменные смолы (обезвоженные)
- Зола от сжигания ТРО (в бочках)
- ТРО (прессованные, в бочках, навалом)



Размещения бочек в НЗК



Траверса для перемещения заполненных контейнеров НЗК



Контейнеры НЗК



Хранение контейнеров НЗК-150-1,5П

Технические характеристики

Количество ярусов, шт	8
Количество 200 л бочек, шт	4
Полезная емкость, м³	0,8 (хранение РАО в бочках) – 1,5 (хранение без бочек)
Сохранение защитных свойств	Не менее 50 лет при хранении; до 300 лет в ПЗРО
Вид отходов:	ТРО низкой и средней удельной активности,
Размеры ВхШхД, мм	1375x1650x1650
Макс допустимая масса упаковки, т	7,3-8,5
Наличие грузозахватных приспособлений	Обслуживание осуществляется погрузчиком и грузоподъемным краном

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Металлические защитные контейнеры



Контейнер КМЗ-М



Контейнер КМЗ-РАДОН



Погрузка контейнер ЗМК-3.0



Контейнер ЗМК-3.0



Контейнер КРАД-1 36



Контейнер КРАД-3,0

Технические характеристики	КМЗ	ЗМК-3.0	КРАД-1,36	КРАД-3,0
Объем загрузки, куб. м.	3,1	3	1,4	3
Габаритные размеры, мм	1650×1650×1375	2430×1630×1075	1280×1280×957	2626×1430×1152
Ярусы, шт	8		7	6
Отходы	3 и 4 класса (САО, НАО)		РАО 4-го класса	
Назначенный срок	не менее 50 лет	100 лет под укрытием 50 лет на открытом воздухе	50	50
Количество бочек V-200 л, шт.	5	8	4	8

Варианты Кондиционирования отходов для КМЗ:

Цементированные РАО (кубовые остатки, смолы, шламы)

ТРО (прессованные, в бочках, навалом)

Зола от сжигания ТРО (в бочках)

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Железобетонный контейнер КЗХ-2кс

Железобетонный контейнер КЗХ-2кс в соответствии с ТУ допускается использовать для размещения, внутриобъектового транспортирования и промежуточного хранения твердых и отвержденных РАО не выше класса 2.

Железобетонный контейнер типа КЗХ-2кс предлагается использовать для:

- захоронения (долговременного хранения) высокоактивных РАО (I класса радиационной опасности);
- захоронения (долговременного хранения) среднеактивных РАО (II класса радиационной опасности) в случае, если при загрузке такими РАО контейнера НЗК-150-1,5П МЭД от контейнера превышает 2 мЗв/ч.

Срок службы контейнера КЗХ-2кс, загруженного РАО, для условий временного хранения в инженерных сооружениях, при которых сохраняется его работоспособность (прочностные характеристики, защитные функции от ионизирующего излучения, функциональность грузозахватных элементов, герметичность конструкции), составляет 30 лет.



Характеристики	Показатель
Средняя плотность бетона, т/м ³	4,30-4,50
Геометрические размеры:	
высота, мм	1 375
ширина, мм	1 650
длина, мм	1 650
минимальная толщина стенок, мм	150,00
минимальная толщина крышки, мм	175,00
минимальная толщина днища, мм	150,00
Масса порожнего контейнера, т	8,00
Масса контейнера загруженного РАО, т	12,50
Внутренний объем КЗХ-2кс, м ³	1,50 [14]
Внешний объем КЗХ-2кс, м ³	3,74 [14]

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Контейнеры повышенной вместимости Универсальные крупнотоннажные транспортные контейнеры и упаковки



Контейнеры УКТН-24000



Загрузка контейнера



Перевозка бочек в УКТН-24000

РАО помещают в контейнер в первичных упаковках на основе:

- металлических бочек
- пластиковых и металлических контейнеров
- мягких контейнеров типа "биг-бэг"

компактированные отходы и цементный компаунд, содержащий отвержденные ЖРО;

грунт, строительные отходы, промышленное лабораторное оборудование, зола, обезвоженные иловые отложения, шламы;

сорбенты, ионообменные материалы;

теплоизоляционные материалы, рабочая одежда и обувь, отработанные фильтры и т.д)



Контейнеры ПУ-23Ц-СХ



Транспортная упаковка ПУ-23Ц-СХ

характеристики	УКТН-24000	ПУ-23Ц-СХ	ПУ-23Ц-СС	ПУ-23Ц-СТ
Виды отходов	Низкоактивные ТРО			
Макс масса брутто, кг	24000			30 480
Внутренние размеры, мм	5895x2270x2381	6058x2438x1340	6058x2438x2951	6058x2438x2591
Вместимость, м ³	33	13,8	33	32,3

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Металлический контейнер КМЗ-РНИ-РАДОН

Основные функции

Обеспечивает долговременное безопасное хранение размещенных в нем ОЗИИИ до снижения их активности;

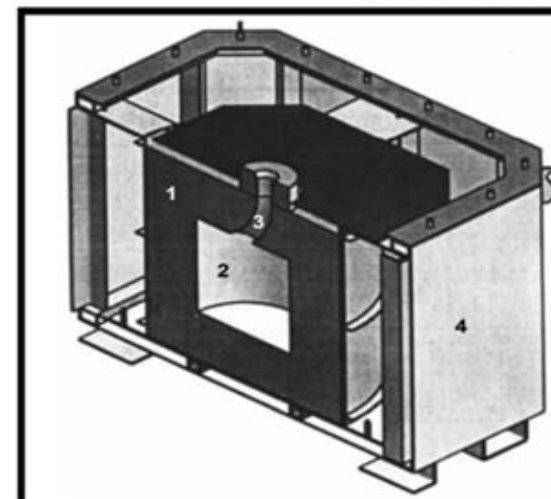
Разгрузка из основных транспортных контейнеров с донной разгрузкой для ОЗИИИ;

Возможно включение ОЗИИИ в металлическую матрицу для повышения емкости по активности и получение кондиционированного конечного продукта



Контейнер РНИ – РАДОН

Технические характеристики	
Объем внутреннего резервуара для ОЗИИИ	0,08 м3
Номинальная активность (по со-60) ОЗИИИ	100 000 Ки
Максимальные габариты ОЗИИИ	Ø38×200 мм
Масса пустого упаковочного комплекта	не более 9000 кг
Масса заполненного упаковочного комплекта	не более 10000 кг
Внешние размеры (Д×Ш×В)	1650×1650×1375 мм
Класс	В(У)

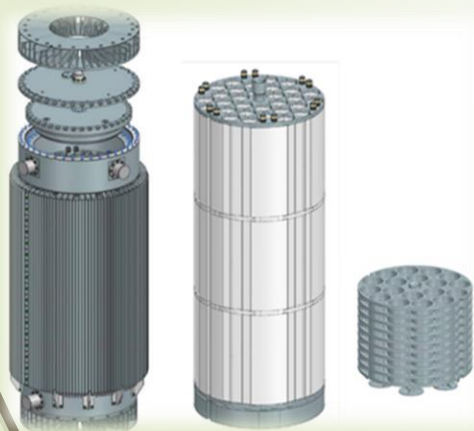


Упаковочный комплект
(1)-внутренний контейнер,
(2)-емкость для размещения ОЗИИИ, окруженная биологической защитой из свинца, толщиной 25—30 см.
(3)-труба для загрузки ОЗИИИ;
(4) – контейнер защитный;

Типы контейнеров для захоронения РАО по принятым государственным стандартам

Контейнер УКХ ПВ

- ▶ Контейнер УКХ ПВ в настоящее время находится на стадии разработки (конструктором определено в 2021 г. АО «Опытно-конструкторское бюро машиностроения им. И.И. Африкантова»). Данный контейнер предлагается использовать для хранения в нем отработавших ТВС, а также пеналов с остеклованной высокоактивной короткоживущей фракцией РАО от переработки ОЯТ Белорусской АЭС. Актуальность разработки данного вида контейнера подтверждается решением НТС № 10 Госкорпорации «Росатом».
- ▶ В рамках настоящей работы контейнер УКХ ПВ предлагается также использовать для временного хранения реакторного блока передвижной АЭС «Памир-630Д», а также металлоблоков, извлеченных из хранилищ спецпредприятия УП «Экорес», при условии изменения конструкции дистанцирующей решетки, и временного хранения РАО I класса радиационной опасности от деятельности планируемого исследовательского реактора.
- ▶ Альтернативным решением для организации долговременного хранения реакторного блока передвижной АЭС «Памир-630Д», а также металлоблоков, извлеченных из хранилищ спецпредприятия УП «Экорес» может быть изготовление с учетом геометрических размеров и активности РАО соответствующего контейнера по индивидуальному заказу. Также не должен исключаться из рассмотрения вариант отложенного решения, что позволит вернуться к вопросу дальнейшего обращения с РАО через определенное время в случае положительных предпосылок (наличие эффективных технологий, экономические факторы).



Характеристики	Показатель
Материал основного корпуса	Высокопрочный чугун с шаровидным графитом
Диаметр, мм	2 900,0
Высота с демпферами, мм, не более	7 174,0
Толщина стенки корпуса, мм, не менее	235,0
в районе цапф, мм, не менее	190,0

Соответствие конечных упаковок РАО критериям приемлемости для захоронения

Подтверждение соответствия упаковок РАО, формируемых на основе различных контейнеров, критериям приемлемости для захоронения упаковок РАО категорий КЖ НАО, ОНРАО, ОНАО и отработавших закрытых ИИИ категорий 4 и 5

Контейнер	Общие критерии приемлемости для упаковок РАО (соответствие/способ подтверждения)			
	Удельная активность радионуклидов в упаковке РАО	Мощность дозы гамма-излучения на внешней поверхности упаковки РАО	Нефиксированное (снимаемое) поверхностное загрязнение упаковки РАО	Сохранение изолирующей способности упаковки РАО – до передачи на захоронение
Бочка 200 л	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Срок службы бочки – 50 лет в условиях хранения
КРАД-1,36	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Срок службы контейнера – 30 лет в условиях захоронения
НЗК-150-1,5П для горючих РАО*	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Срок службы контейнера – 50 лет в условиях хранения 300 лет в условиях захоронения
КМЗ-РНИ-Радон	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Срок службы контейнера – 50 лет в условиях хранения не менее 100 лет в условиях захоронения

*Для размещения горючих РАО классов 4 и 3. Предел огнестойкости контейнера – 0,75 часа (п. 1.2.7 [17])

**Для контейнера КМЗ-РНИ-РАДОН необходима повторная сертификация, в рамках которой будет подтвержден срок службы

Соответствие конечных упаковок РАО критериям приемлемости для захоронения

Подтверждение соответствия упаковок РАО, формируемых на основе различных контейнеров, критериям приемлемости для захоронения упаковок РАО категорий КЖ САО, ДЖ НАО и отработавших закрытых ИИИ категории 3

Контейнер	Общие критерии приемлемости для упаковок РАО (соответствие/способ подтверждения)							
	Удельная активность радионуклидов в упаковке РАО	Мощность дозы гамма-излучения на внешней поверхности упаковки РАО	Нефиксированное (снимаемое) поверхностное загрязнение упаковки РАО	Механическая прочность упаковки РАО: прочность при сжатии	Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	Скорость выхода радионуклидов из упаковки (массовая доля активности, вышедшей из упаковки РАО, за год)	Устойчивость к термическим циклам упаковки РАО	Радиационная стойкость упаковки РАО
НЗК-150-1,5П	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Срок службы контейнера – 50 лет в условиях хранения 300 лет в условиях захоронения	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)
КЗХ-2кс	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Срок службы контейнера – 30 лет в условиях хранения 300 лет в условиях захоронения для РАО класса 3	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)
КМЗ-РНИ-Радон	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Радиационный контроль	+ Сертификат	+ Срок службы контейнера – 50 лет в условиях хранения не менее 100 лет в условиях захоронения	- Не подтверждалось	- Не подтверждалось	+ Сертификат

*Для контейнера КМЗ-РНИ-РАДОН необходима повторная сертификация, в рамках которой будет подтвержден срок службы

Соответствие конечных упаковок РАО критериям приемлемости для захоронения

Подтверждение соответствия упаковок РАО, формируемых на основе различных контейнеров, критериям приемлемости для захоронения упаковок РАО категорий ВАО (после снижения тепловыделения), ДЖ САО и отработавших закрытых ИИИ категорий 1 и 2

Контейнер	Общие критерии приемлемости для упаковок РАО (соответствие/способ подтверждения)						
	Удельная активность радионуклидов в упаковке РАО	Нефиксированное загрязнение наружных поверхностей упаковки РАО	Механическая прочность: прочность при сжатии	Сохранение изолирующей способности упаковки РАО	Радиационная стойкость упаковки РАО	Тепловыделение упаковки РАО	Устойчивость упаковки РАО к термическим циклам
КЗХ-2кс	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Сертификат соответствия (при проведении испытаний)	- Срок службы контейнера – 30 лет в условиях хранения для хранения РАО класса 2	+	+ Расчетное подтверждение, измерения при формировании упаковки	+
КМЗ-РНИ-Радон	+ Паспортизация	+ Радиационный контроль	+ Сертификат	+ Срок службы контейнера – 50 лет в условиях хранения не менее 100 лет в условиях захоронения	+ Сертификат	+ Расчетное подтверждение, измерения при формировании упаковки	- Не подтверждалось
УКХ ПВ (разрабатываемый) не предназначен для захоронения	Будет подтверждаться при паспортизации	Будет проверяться при проведении выходного радиационного контроля	Будет проверяться при проведении испытаний	- Не предназначен для захоронения	Будет проверяться при проведении испытаний	Будет проверяться расчетными методами, а также подтверждаться при формировании упаковки	Будет проверяться при проведении испытаний

*Для контейнера КМЗ-РНИ-РАДОН необходима повторная сертификация, в рамках которой будет подтвержден срок службы

Заключение

На основании анализа опыта обращения с РАО в Республике Беларусь и Российской Федерации рекомендованы следующие типы контейнеров для захоронения (долговременного хранения) РАО:

- ❖ для формирования упаковки для долговременного хранения ТРО I класса радиационной опасности с последующим захоронением в ПГЗРО предлагается к использованию **железобетонный контейнер КЗХ-2кс**;
- ❖ для формирования упаковки для долговременного хранения РАО II класса радиационной опасности с периодом полураспада свыше 31 года с последующим захоронением в ПГЗРО – **железобетонный контейнер НЗК-150-1,5П**;
- ❖ для формирования упаковки для захоронения в ППЗРО РАО II класса радиационной опасности с периодом полураспада до 31 года – **железобетонный контейнер НЗК-150-1,5П** (в случае превышения МЭД от загруженного контейнера НЗК-150-1,5П значения 2 мЗв/ч - в **контейнер КЗХ-2кс**);
- ❖ для формирования упаковки для захоронения в ППЗРО горючих РАО III, IV классов радиационной опасности – **железобетонный контейнер НЗК-150-1,5П**;
- ❖ для формирования упаковки для захоронения в ППЗРО осушенных ОИОС III, IV классов радиационной опасности – **железобетонный контейнер типа НЗК-ИОС**;
- ❖ для формирования упаковки для захоронения в ППЗРО РАО, загрязненных ^{226}Ra , не выше II класса радиационной опасности – **контейнер НЗК-150-1,5П с металлическим вкладышем**;
- ❖ для формирования упаковки для захоронения в ППЗРО РАО III, IV классов радиационной опасности, за исключением горючих ТРО – **металлический контейнер КРАД-1,36** (в случае превышения МЭД от загруженного контейнера КРАД-1,36 значения 2 мЗв/ч - в **контейнер НЗК-150-1,5П**);
- ❖ для формирования упаковки для долговременного хранения с последующим захоронением в ПГЗРО ИИИ категорий 1 и 2 по степени радиационной опасности и упаковки для захоронения в ППЗРО ИИИ категорий 3, 4 и 5 по степени радиационной опасности – **контейнер КМЗ-РНИ-РАДОН**;
- ❖ для долговременного хранения пеналов с остеклованной высокоактивной короткоживущей фракцией РАО от переработки ОЯТ Белорусской АЭС; для временного хранения на площадке ПЗРО реакторного блока передвижной АЭС «Памир-630Д», металлоблоков, извлеченных из хранилищ ОЗИИИ спецпредприятия УП «Экорес»; РАО I класса радиационной опасности от деятельности планируемого исследовательского реактора – **контейнер УКХ ПВ**;
- ❖ для временного хранения на площадке ПЗРО гамма-установок «Ставрида» и ЛМБ-Гамма-1М – **контейнеры типа ПУ-2СТК-СК и КМЗ-М АТ-2-00.00.00.000** соответственно.

Авторы выражают благодарность за помощь в выполнении настоящей работы сотрудникам АО «ТВЭЛ»
Корнееву И.И., Грибову Д.А., Яновскому Д.В.,
Абакумовой А.С.



Спасибо за внимание!

