

Раздел 14 ОБРАЩЕНИЕ С РАО И ОЯТ

14.1. ОБРАЩЕНИЕ С РАО

14.1.1. Типы РАО

Согласно Закону Республики Беларусь от 18.06.2019 N 198-3 «О радиационной безопасности»- радиоактивные отходы (далее – РАО) источники ионизирующего излучения, эксплуатировавшиеся в ходе экономической или иной деятельности, дальнейшая эксплуатация которых не предусматривается, и содержащие радионуклиды с активностью сверх уровней, установленных гигиеническими нормативами.

Эксплуатирующая организация должна обеспечивать безопасное обращение со всеми РАО, образующимися и накопленными в результате осуществления деятельности организации.

На Белорусской АЭС работы по обращению с эксплуатационными РАО выполняются в рамках действия лицензии на право осуществления деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения с правом осуществления деятельности по эксплуатации ядерных установок, которая выдается Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь в соответствии с требованиями Положения о лицензировании деятельности в области использования атомной энергии и источников ионизирующего излучения, утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 05.04.2021 № 137.

РАО образуются в процессе эксплуатации АЭС и в период проведения ремонтных работ (детали и оборудование, извлекаемое из реактора, загрязненное демонтированное оборудование, трубопроводы и арматура, не подлежащие ремонту, загрязненный обтирочный материал, средства индивидуальной защиты, кубовый остаток после выпарных установок, шлам, отработавшие сорбенты и ионообменные смолы и т.д.).

По агрегатному состоянию РАО подразделяются на следующие виды: твердые РАО (далее – ТРО), жидкие РАО (далее – ЖРО) и газообразные РАО (далее – ГРО).

В соответствии с требованиями законодательства радиоактивные отходы по удельной активности делятся на категории: очень низкоактивные, низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные РАО.

Основой концепции обращения с радиоактивными отходами на Белорусской АЭС является кондиционирование, которое в качестве заключительной стадии включает размещение отходов в упаковке.

14.1.2. Газообразные РАО

На Белорусской АЭС существуют следующие источники газообразных РАО:

- сдувки из технологического оборудования систем, расположенных в зоне контролируемого доступа;

- воздух зоны контролируемого доступа вытяжных систем вентиляции зданий.

Для обращения со сдувками из технологического оборудования систем, расположенных в зоне контролируемого доступа предусмотрены следующие системы:

- система сжигания водорода KPL1;
- система очистки радиоактивного газа KPL2;
- система очистки сдувок из баков KPL3.

Система KPL1 предназначена для сжигания водорода, содержащегося в сдувках из технологического оборудования систем, расположенных в зоне контролируемого доступа.

Система KPL2 предназначена для очистки технологических сдувок от системы сжигания водорода и сдувок из технологического оборудования и баков.

Система KPL3 предназначена для очистки технологических сдувок с баков, содержащих жидкие радиоактивные среды.

Системы KPL2 и KPL3 оснащены фильтрами для очистки технологических сдувок. Для обращения с вытяжным воздухом зоны контролируемого доступа предусмотрены следующие системы:

- система создания разрежения в защитной оболочке здания реактора с очисткой – KLD10;
- вытяжная, оснащенная фильтровальной установкой, ремонтно – аварийная система вентиляции здания реактора - KLD20;
- рециркуляционная система очистки воздуха в помещениях защитной герметичной оболочки – KLA13;
- система локализации утечек из защитной оболочки с очисткой – KLC11/21/31/41;
- главная вытяжная система вентиляции помещений зоны контролируемого доступа с очисткой – KLE30.

Для снижения активности газоаэрозольного вентиляционного выброса в окружающую среду фильтровальные установки систем KLD10, KLD20, KLA13, KLC11/21/31/41, KLE30, эффективно очищают воздушную среду от различных групп радиоактивных аэрозолей и йодов.

Фильтровальные установки состоят из набора фильтров – модулей, каждый из которых эффективно очищает воздушную среду от различных групп радиоактивных веществ. Эффективность очистки воздуха на фильтрах составляет:

- от радиоактивных аэрозолей по наиболее проникающим частицам 0,3 мкм не менее 99,99 %;
- 1) грубая очистка аэрозолей диаметром до 2,0 мкм;
- 2) тонкая очистка для наиболее проникающих аэрозольных частиц диаметром от 0,3 мкм;
- от молекулярного йода не менее 99,9 %;
- от органических соединений йода не менее 99 %.

Переход на режим фильтрации воздуха в системе KLD20, KLE30 осуществляется автоматически по показаниям приборов радиационного контроля (по превышению допустимого содержания радиоактивных аэрозолей в вытяжном воздухе). Фильтрация воздуха на фильтровальных установках систем KLA13, KLD10, KLC11/21/31/41 осуществляется постоянно при работе системы.

Выбранные в проекте наборы фильтров – модулей для каждой системы, а, соответственно, эффективность фильтрации воздуха от радиоактивных веществ полностью определены:

- прогнозируемым радионуклидным составом воздуха, поступающего на фильтрацию, с учетом физического и химического состава;
- критериями радиационной безопасности персонала, населения и окружающей среды.

14.1.3. Твердые РАО

Система обращения с твердыми радиоактивными отходами (ТРО) предназначена для сбора, сортировки, переработки, упаковки, временного хранения и вывоза твердых и отвержденных жидких радиоактивных отходов, образующихся на АЭС в процессе нормальной эксплуатации, при проведении ремонтных работ и авариях, вывода АЭС из эксплуатации. Система обеспечивает радиационную безопасность персонала и предотвращает радиоактивное загрязнение помещений АЭС и окружающей среды при обращении с радиоактивными отходами

Сбор ТРО на АЭС производится непосредственно в местах их образования с сортировкой по мощности дозы и уровню поверхностного радиоактивного загрязнения РАО (очень низкоактивные РАО, низкоактивные РАО, среднеактивные РАО), а также с учетом взрыво- и пожароопасности РАО (горючие и негорючие) и методов дальнейшего обращения с РАО (прессуемые и непрессуемые).

Далее ТРО передаются на комплекс оборудования по переработке ТРО, где происходит их окончательная сортировка, измельчение и прессование (для ТРО с мощностью дозы гамма-излучения на расстоянии 0.1 м от поверхности не более 0.4 мЗв/ч). Прессуемые ТРО подлежат прессованию в 200 л металлических бочках, непрессуемые ТРО затариваются в 200 л металлические бочки без переработки. Горючие ТРО размещаются в бочки отдельно от негорючих.

После заполнения бочка закрывается крышкой и герметизируется, что обеспечивает изоляцию РАО от окружающей среды, а затем подается на установку паспортизации. На установке производится контроль активности, мощности дозы, уровня снимаемого поверхностного загрязнения бочки с ТРО и формируется паспорт на упаковку РАО. На основании полученных результатов для упаковки РАО устанавливается категория РАО. После паспортизации упаковка РАО передается в хранилище ТРО в соответствии с установленной категорией РАО.

Высокоактивные РАО образуются только в ходе проведения планово-предупредительного ремонта энергоблока. К высокоактивным отходам относятся только сборки внутриреакторных детекторов (СВД), блоки детектирования (БД) и отходы резки образцов-свидетелей (ОС). Высокоактивные РАО собираются в специальные капсулы, паспортизируются и размещаются в хранилищах ТРО на хранение в течение всего срока эксплуатации АЭС.

Все операции с РАО (от сбора до передачи упаковки в хранилище) фиксируются в оперативных журналах, а также в электронных базах данных.

Данные по количеству ТРО с учетом переработки в год на одном энергоблоке рассчитано на основании эксплуатационных данных АЭС с реакторной установкой типа ВВЭР (проекты-аналоги) представлены в таблице 14.1.3.1.

Таблица 14.1.3.1 – Данные по количеству ТРО с учетом переработки в год на одном энергоблоке

Тип ТРО	Объем ТРО негорючие/горючие с учетом переработки (прессование, резка), м ³ в год	Количество упаковок (негорючие/горючие ТРО), бочек в год
Очень низкоактивные	3,39/2,03	17/10
Низкоактивные	23,9/3,0	120/15
Среднеактивные	2,5	25
Высокоактивные	0,5	
Примечания: 1 В объёме очень низкоактивных ТРО и низкоактивных ТРО учтены, в том числе, и крупногабаритные ТРО. 2 Количество бочек для определенного объема среднеактивных ТРО указано с учетом «насыпной» плотности непрессуемых среднеактивных отходов.		

При сборе и сортировке отходов в местах образования, в целях применения дифференцированного подхода к обращению с РАО отдельно выделяется подкатегория «очень низкоактивных отходов» (ОНАО). К ОНАО относятся отходы с содержанием отдельных техногенных радионуклидов с уровнем удельной активности в диапазоне от уровня освобождения от надзора в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности (представлены в таблице 5 Гигиенического норматива «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 29.11.2022 № 829)) до уровней изъятия для умеренных количеств твердого материала (представлены в таблице 3 Гигиенического норматива). В местах образования ОНАО сортируются на горючие/ негорючие, прессуемые/ непрессуемые, металлические/ неметаллические, затем затариваются в оборотные металлические бочки емкостью 200 л, уплотняемые крышкой под хомут, и подаются на установку паспортизации. На установке производится контроль активности, мощности дозы, уровня снимаемого

поверхностного загрязнения бочки с ОНАО и формируется паспорт на упаковку ОНАО. После паспортизации бочка с ОНАО размещается на хранение в отдельном хранилище.

14.1.4. Жидкие РАО

В процессе эксплуатации АЭС образуются следующие ЖРО:

- кубовый остаток (концентрат солей после переработки трапных вод);
- отработавшие ионообменные смолы и ионоселективные сорбенты.

В соответствии с нормативными требованиями ЖРО должны быть кондиционированы.

Для отверждения кубового остатка на Белорусской АЭС принят метод цементирования. Кубовый остаток предварительно концентрируется, после чего смешивается с цементом в соответствии с установленной рецептурой. Образующийся цементный компаунд не горюч, непластичен при нагреве, обладает достаточной прочностью, что облегчает последующие транспортировку и хранение. Полученный цементный компаунд подаётся в невозвратный защитный железобетонный контейнер по типу НЗК.

После заполнения контейнера НЗК осуществляется отбор пробы цементного компаунда и проводится контроль качества полученного цементного компаунда.

Для отверждения отработавших сорбентов на Белорусской АЭС предусмотрено два метода: метод цементирования и метод обезвоживания. Основным методом переработки отработавших сорбентов принят метод обезвоживания, обеспечивающий минимизацию объёмов РАО. Поступающая на сушку смесь сорбентов и воды осушается до содержания свободной жидкости менее 3%. Осушенные сорбенты подаются в контейнер НЗК.

После выдержки цементного компаунда кубового остатка до отверждения или после заполнения контейнера НЗК осушенными сорбентами НЗК герметизируется, после чего паспортизируется на установке паспортизации ЖРО и размещается в хранилище ТРО.

В результате переработки образуются отвержденные ЖРО в объёме 33 м³ в год на один энергоблок (22 контейнера НЗК: 14 контейнеров НЗК с цементным компаундом, 8 НЗК с осушенными сорбентами).

Соблюдение технологического процесса, исключение поступления в ЖРО опасных веществ (способных взрываться; легковоспламеняющихся и самовозгорающихся; реагирующих с водой с выделением самовоспламеняющихся или воспламеняющихся газов; выделяющих при взаимодействии с водой, воздухом или другими веществами токсичные газы, аэрозоли или возгоны; химических токсичных веществ; инфицирующих (патогенных) веществ) обосновывает отсутствие опасных свойств ЖРО и, как следствие, контейнера НЗК с отвержденными ЖРО.

14.1.5. Хранение ТРО на Белорусской АЭС.

Хранилище ТРО разделяется на отсеки (помещения) для упорядоченного раздельного размещения РАО по категориям.

Вместимость отсеков хранения очень низкоактивных, низкоактивных, среднеактивных РАО, а также контейнеров НЗК с отвержденными ЖРО рассчитана на 10 лет эксплуатации АЭС. Через 10 лет накопленные отходы будут вывезены из хранилища АЭС в пункт захоронения. Высокоактивные РАО хранятся в хранилище ТРО в течение всего срока эксплуатации Белорусской АЭС (60 лет).

Хранилище ТРО имеет инженерно-технические барьеры, исключающие возможность попадания в отсеки атмосферных осадков, грунтовых вод и вод поверхностного стока. Способ размещения упаковок РАО в хранилище исключает возможность разуплотнения упаковок РАО с выходом радиоактивных веществ в окружающую среду в течение всего периода хранения РАО. Конструкция хранилища ТРО обеспечивает биологическую защиту персонала от ионизирующего излучения.

Конструкцией хранилища ТРО предусмотрена возможность безопасного извлечения упаковок РАО из хранилища АЭС для отправки на захоронение.

Последующая передача ТРО в пункт захоронения РАО осуществляется в соответствии со «Стратегией обращения с радиоактивными отходами Белорусской атомной электростанции», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь №460 от 02.06.2015.

14.1.5.1 Хранение ОНАО на Белорусской АЭС.

Временное (промежуточное) хранение бочек с ОНАО. осуществляется в течение 10 лет с обеспечением радиационной и пожарной безопасности. Хранение бочек с горючими ОНАО осуществляется в боксах, перекрытых плитами, отдельно от бочек с негорючими ОНАО. В процессе хранения бочки с ОНАО проходят паспортизацию на установке паспортизации для возможности освобождения ОНАО от контроля в соответствии с установленной процедурой.

ОНАО, которые не освобождаются от контроля, остаются на временном хранении на АЭС для последующей (через 10 лет) передачи в пункт захоронения РАО.

14.1.6. Захоронение РАО

Конечной стадией обращения с РАО является захоронение в пункте захоронения РАО с обеспечением надежной изоляции РАО и радиационной безопасности населения и окружающей среды.

АЭС обеспечивает собственными силами или с привлечением специализированных организаций по обращению с РАО приведение РАО в соответствие критериям приемлемости для захоронения и подтверждение соответствия РАО общим критериям приемлемости согласно требованиям норм и правил по обеспечению ядерной и радиационной безопасности "Критерии приемлемости радиоактивных отходов для захоронения", утвержденным постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 16.07.2019 N 47, а также критериям приемлемости для определенного пункта захоронения радиоактивных отходов, в который РАО направляются на захоронение.

Для передачи РАО на захоронение упаковка РАО повторно паспортизируется с оформлением нового паспорта на упаковку РАО.

Выбор способа захоронения РАО (приповерхностное или глубинное захоронение) определяется в соответствии с классификацией РАО для обеспечения долгосрочной безопасности при захоронении, установленной в нормах и правилах по обеспечению ядерной и радиационной безопасности "Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения", утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 28.09.2010 N 47.

Согласно «Стратегии обращения с радиоактивными отходами Белорусской атомной электростанции», утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 02.06.2015 № 460, строительство пункта захоронения РАО для обеспечения безопасного захоронения очень низкоактивных, низкоактивных, среднеактивных РАО планируется осуществить в срок до 10 лет с начала эксплуатации Белорусской АЭС (до 2030 г.) с использованием приповерхностного способа локализации отходов с возможностью расширения пункта захоронения РАО для обеспечения захоронения РАО, образующихся при выводе атомной электростанции из эксплуатации. Также прорабатывается вопрос о сооружении пункта захоронения высокоактивных РАО.

14.2. ОБРАЩЕНИЕ С ОЯТ

14.2.1. Обращение с отработавшим и облученным ядерным топливом на АЭС

14.2.1.1. Перегрузка топлива

В соответствии с физической частью технического проекта активной зоны для энергоблока № 1 Белорусской АЭС применен 4-х годичный топливный цикл, предусматривающий перегрузку 42 ТВС 1 раз в 12 месяцев, за исключением первой перегрузки, когда количество ТВС подпитки составляет 48 ТВС.

Для замены отработавших ТВС, ПС СУЗ в активной зоне реактора проектом предусмотрена система перегрузки, которая обеспечивает:

- выгрузку ТВС, ПС СУЗ из реактора в бассейн выдержки;
- перестановку ТВС, ПС СУЗ внутри активной зоны реактора;
- загрузку свежих ТВС, ПС СУЗ в реактор;
- загрузку ОТВС из бассейна выдержки в транспортный упаковочный комплект (ТУК).

Для обеспечения безопасности при перегрузке топлива проектом предусмотрены следующие системы:

- телевизионная система для контроля перегрузки под водой, телевизионная система обзора за рабочей зоной машины перегрузочной, система контроля герметичности оболочек, входящие в состав перегрузочной машины и позволяющая контролировать все операции, производимые машиной;
- система охлаждения бассейна выдержки;
- система обнаружения дефектных сборок;
- система электроснабжения оборудования системы.
- система контроля за возникновением пожара в реакторном отделении;
- система контроля температуры и уровня воды бассейна выдержки и шахты реактора, а также концентрации борной кислоты в воде;
- система дозиметрического контроля в реакторном отделении в период проведения перегрузки;
- в течение всего времени перегрузки реактора в работе находится АКНП и система контроля при перегрузке, проводится непрерывный контроль плотности потока нейтронов и периода нарастания мощности реактор.

С целью визуального наблюдения за процессом перегрузки активной зоны, на эстакаде транспортного шлюза и на оперативной отметке обслуживания реакторной установки здания реактора устанавливаются телевизионные камеры цветного изображения.

14.2.1.2. Приреакторное хранение ОЯТ

После выгрузки отработавшие ТВС направляются в систему приреакторного хранения ОЯТ, предназначенную для выдержки отработавшего ядерного топлива с целью снижения активности и остаточных энерговыделений ОТВС до допустимых значений (для его транспортирования).

Система приреакторного хранения ОЯТ представляет собой бассейн выдержки, который расположен в здании реактора энергоблока АЭС в пределах гермозоны и оснащен необходимым оборудованием и системами, а именно:

- системой охлаждения бассейна выдержки
- системой подпитки бассейна выдержки
- системой очистки воды бассейна выдержки
- системой измерения, контроля и сигнализации
- системой контроля, сбора и возврата протечек

Емкость бассейна выдержки обеспечивает хранение ОЯТ в течение 10-ти лет с учетом выгрузки всей активной зоны на любой момент эксплуатации энергоблока. В бассейне

выдержки размещены 12 стеллажей общей емкостью 732 ячейки (для ТВС) и 24 ячейки (для пеналов герметичных).

Требуемая подкритичность (0,05) при хранении ОЯТ в бассейне выдержки обеспечивается за счет шага расположения ТВС в стеллажах.

14.2.1.3. Отправка ОЯТ с площадки АЭС

Для перевозки ОЯТ по территории АЭС, включая отправку ОЯТ с площадки АЭС, проектом предусмотрена система внутрисканционной перевозки ядерного топлива, включающая в себя необходимое транспортно-технологическое и грузоподъемное оборудование для обращения с транспортным упаковочным комплектом, загруженным обработавшими ТВС.

В части отправки ОЯТ с площадки АЭС из приреакторного хранения система обеспечивает выполнение следующих функций:

- прием вагон-контейнерного поезда с порожними ТУК для ОТВС на площадку отстоя АЭС;

- подача вагонов-контейнеров (по одному) по внутрисканционным путям в открытый сканционный перегрузочный узел (ОППУ) для перегрузки порожнего ТУК на автоприцеп г/п 140 т;

- доставка на автоприцепе г/п 140 т порожнего ТУК из ОППУ в здание реактора для загрузки в него ОТВС;

- отправка ТУК с ОТВС из здания реактора энергоблока через транспортный шлюз эстакады, его установка с помощью крана эстакады на автоприцеп г/п 140 т и доставка в ОППУ;

- перегрузка ТУК с ОТВС с автоприцепа г/п 140 т в вагон-контейнер; формирование эшелона вагон-контейнеров и его отправка с территории АЭС.

Дальнейшее обращение с обработавшим ядерным топливом после его отправки с площадки Белорусской АЭС будет осуществляться в соответствии со «Стратегией обращения с обработавшим ядерным топливом Белорусской АЭС», утвержденной Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 22.08.2019 №558.

14.2.2. Обращение с обработавшим ядерным топливом за пределами АЭС

Для формирования и реализации оптимальной с технологической точки зрения, экономически целесообразной, экологически и социально безопасной государственной политики в области обращения с ОЯТ, Советом Министров Республики Беларусь в 2019 году была утверждена Стратегия обращения с ОЯТ Белорусской АЭС.

Стратегией предусматриваются ключевые организационные моменты по созданию и реализации национальной системы обращения с ОЯТ, основные направления научно-технической и практической деятельности участников процесса обращения, поэтапный, адаптивный, основанный на согласии вовлеченных в процесс обращения субъектов, подход к заключительной стадии ядерного топливного цикла.

При разработке Стратегии были рассмотрены различные варианты обращения с обработавшим ядерным топливом после его выгрузки из бассейна выдержки. В соответствии с Соглашением о взаимодействии в строительстве атомной электростанции на территории Республики Беларусь, обработавшее ядерное топливо, приобретенное у российских организаций-исполнителей, должно быть возвращено в Российскую Федерацию для переработки в рамках условий, определенных сторонами в отдельном соглашении.

14.3. ВЫВОДЫ

Предоставленные выше сведения по системе обращения с радиоактивными отходами и обращения с ОЯТ показывают, что проект содержит все необходимые решения по обращению с РАО и ОЯТ, а также с учетом принятых стратегических решений предусматриваются мероприятия по надлежащему обращению с РАО и ОЯТ в долгосрочной перспективе. Принятые проектные и стратегические решения по обращению с РАО и ОЯТ отвечают требованиям нормативно-технической документации Республики Беларусь и Российской Федерации в области использования атомной энергии, а также рекомендациям Руководств по безопасности МАГАТЭ.