

# Обращение с жидкими радиоактивными отходами

Обращение с ЖРО – это все виды деятельности, связанные со сбором, транспортированием, переработкой, кондиционированием, хранением и (или) захоронением жидких отходов. Для безопасного выполнения этих операций в проекте АЭС предусматриваются:

- системы спецводоочистки (СВО);
- системы спецканализации (СК);
- хранилища для жидких (ХЖО) и кондиционированных отходов.

# ПРИНЦИПЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО

- В контурах современных мощных энергоблоков АЭС циркулируют сотни кубических метров высокоактивных теплоносителей.
- Теплоноситель – это вода высокой чистоты (типа конденсата). Поэтому с точки зрения экономики, и радиационной безопасности целесообразно очищать ее от радионуклидов и сохранять их в технологическом цикле.
- Жесткие требования к поддержанию заданного водно-химического режима (ВХР) в контурах РУ ВВЭР приводят к необходимости постоянной очистки теплоносителя в этих контурах. При очистке из него удаляются естественные примеси и продукты коррозии конструкционных материалов, как раз и обладающие наведенной активностью. Таким образом, системы СВО, очищающие теплоноситель от примесей, фактически производят и его дезактивацию.
- Радионуклиды при этом концентрируются в ионообменных смолах или других фильтрующих материалах, имеющих объем на несколько порядков меньше, чем исходные воды.

# ПРИНЦИПЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО

- Тем самым реализуются два принципа обращения с радиоактивными жидкостями на АЭС:
  - а) возможно более полный возврат очищенных вод в технологический цикл и наименьший сброс очищенных вод в канализацию*
  - б) концентрирование радиоактивности в остатке по возможности наименьшего объема для захоронения его в минимально необходимых емкостях.*
- Еще один принцип, реализуемый на АЭС при обращении с радиоактивными жидкостями
  - в) отдельная очистка вод или ЖРО, различающихся по радиоактивности и физико-химическим показателям.*
- Эти принципы используются при обращении не только с теплоносителем реакторного контура, но и с другими, химически более загрязненными водами и ЖРО. Они важны потому, что количество радиоактивных жидкостей и образующихся ЖРО на станции в несколько раз больше, чем, например, твердых отходов.

## ПРИНЦИПЫ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО

- При разработке систем обращения с ЖРО учитывают и другие их особенности, не присущие твердым отходам, в том числе то, что жидкие отходы могут быть коррозионно или химически активны, что они обладают значительно большей мобильностью, подвижностью. Поэтому к хранилищам ЖРО, к транспортировке их подходят значительно жестче, чем в случае твердых отходов.

# Классификация ЖРО

- ЖРО классифицируются в зависимости от
  - удельной активности и радионуклидного состава – на низкоактивные, среднеактивные и высокоактивные;
  - физических и химических свойств:
    - на гомогенные и гетерогенные;
    - на органические (масла, эмульсии масел в воде, растворы детергентов);
    - на неорганические, в том числе: малосолевые водные растворы (с концентрацией солей менее 1 г/л), высокосолевые водные растворы (с концентрацией солей более 1 г/л)

## Классификация ЖРО

Категории отходов	Удельная активность, кБк/кг		
	бета-излучающие радионуклиды	альфа-излучающие радионуклиды (кроме трансуранов)	трансурановые радионуклиды
Низкоактивные	менее $10^3$	менее $10^2$	менее $10^1$
Среднеактивные	от $10^3$ до $10^7$	от $10^2$ до $10^6$	от $10^1$ до $10^5$
Высокоактивные	более $10^7$	более $10^6$	более $10^5$

# Источники ЖРО и их характеристика

- *Продувочная вода* реакторного контура и организованные протечки этого контура, вода бассейнов выдержки и перегрузки, вода опорожнения реакторных петель; они характеризуются наибольшей химической чистотой (солесодержание менее 1 г/л), но и наибольшей радиоактивностью.
- *Дезактивационные растворы*, использованные при дезактивации контуров, оборудования или отдельных деталей; они содержат радиоактивные окислы конструкционных материалов. Солесодержание дезактивационных вод доходит до 25 г/л. Активность их зависит от материалов основных контуров и может доходить до  $10^9$ – $10^{10}$  Бк/л .
- *Продувочная вода парогенераторов* двухконтурных установок (ВВЭР); эта вода имеет по сравнению с реакторной большее солесодержание, но меньшую радиоактивность. Активность продувочных вод обычно не превышает 10 Бк/л
- *Трапные и обмывочные воды*. Трапные воды – это воды неорганизованных протечек или случайных проливов.

## Источники ЖРО и их характеристика

- *Регенерационные и промывочные воды.*

Регенерационные

воды появляются при восстановлении обменной способности фильтрующего ионообменного материала установок обработки радиоактивных вод кислотой и щелочью. Основные «загрязнители» – водорастворимые соли, кислоты и щелочи. Общее солесодержание составляет до 50 г/л; активность – в среднем  $10^6$  Бк

- *Воды спецпрачечных и душевых.* Это воды наименьшей радиоактивности. Источником примесей в них является используемая техническая или водопроводная вода. Активность вод прачечных достигает  $10^3$  Бк в период ремонта, а обычно ниже допустимых значений.



# СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАЩЕНИЯ С ЖРО

- **Специальная канализации (СК)** включает в себя, во-первых, баки-накопители и изолированные от всех других систем трубопроводы для транспортировки радиоактивных стоков в эти баки, и, во-вторых, оборудование и трубопроводы для передачи собранных ЖРО из баков-накопителей к системам СВО или в хранилища жидких отходов (ХЖО).
- **Системы спецводоочистки (СВО).** В связи с большим разнообразием загрязненных радионуклидами вод и ЖРО по их радиоактивности, периодичности образования, объемам, подлежащим переработке, требованиям к степени очистки и в соответствии с указанным выше принципом отдельной обработки вод разного состава на станциях создается несколько установок СВО, каждая со своим назначением.
- **Хранение ЖРО.** Помещения, в которых расположены емкости для хранения ЖРО, должны иметь трехслойную гидроизоляция и облицовку из нержавеющей стали. В емкостях для хранения ЖРО должен поддерживаться водно-химический режим, который должен исключать интенсивные коррозионные процессы.

## Системы спецводоочистки реакторов ВВЭР

Тип обрабатываемой воды	Обозначение	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	
		ВВЭР-440	ВВЭР-1000
Очистка воды реакторного контура	СВО-1	30*	60*
Очистка продувочной воды реакторного контура и организованных протечек	СВО-2	30*	30*
Очистка трапных вод	СВО-3	—***	—***
Очистка вод бассейнов и баков аварийного запаса борной кислоты	СВО-4	30**	30–40*
Очистка продувочной воды парогенераторов	СВО-5	15*	30*
Регенерация борной кислоты	СВО-6	3****	3****
Очистка вод спецпрачечных	СВО-7	—***	—***

Примечания: \* – на 1 блок;

\*\* – на два блока;

\*\*\* – общестанционные СВО, производительность зависит от числа блоков;

\*\*\*\* – по борному концентрату.

# ОБРАЩЕНИЕ С ЖРО

- *Сбор ЖРО и их сортировка* (с использованием спецканализации)
- *Дезактивация* (очистка вод реакторного контура, бассейна выдержки и др. технологических систем от радионуклидов)
- *Переработка радиоактивных отходов* (выпаривание, фильтрация или ионный обмен с целью удаления радионуклидов или концентрации их в меньшем объеме; осаждение или изменение состава химических веществ )
- *Кондиционирование радиоактивных отходов* (глубокое упаривание, цементирование , битумирование , остекловывание )

## Переработка органических жидкостей

- Горючие органические жидкости – масла, растворители и т.п. – собираются в поддоны, затем в отдельные емкости и сжигаются в специальных установках с очисткой образующихся газов от радиоактивных и других вредных веществ

# Переработка и кондиционирование пульп и шламов

- Высокорadioактивные кубовые остатки после выпарных аппаратов и ионообменные смолы с сорбированными ими нуклидами, объемы которых очень малы в сравнении с исходными ЖРО, а также пульпы перлитов и активированного угля собираются в отдельные емкости в хранилищах жидких отходов (ХЖО). В настоящее время пульпы отверждаются так же как и другие ЖРО.