

# Активация и дезактивация

Радиоактивные отходы на АЭС

# Дезактивационные установки

- Работа АЭС связана с образованием радиоактивных нуклидов. Они образуются как при делении ядерного топлива, так и за счет активации в нейтронном потоке теплоносителя или других сред и содержащихся в них естественных и коррозионных примесей.
- В составе оборудования АЭС предусматриваются дезактивационные установки непрерывного и периодического действия.
- Назначение дезактивационных установок:
  - поддержание радиоактивности элементов оборудования на уровне, определяемом характером его эксплуатации;
  - дезактивация жидких и газообразных отходов и растворов;
  - захоронение твердых радиоактивных отходов и концентрированных радиоактивных отходов после дезактивационных установок.

# Радиоактивные отложения

- Поверхности первого контура могут задерживать радиоактивные примеси в результате сорбционных процессов, диффузионного проникновения и химических связей.
- Взвешенные частицы могут осаждаться в микропорах, трещинах, углублениях.
- Радиоактивные аэрозоли могут осаждаться на поверхностях помещений (стены, пол, потолок).

# Удаление радиоактивных загрязнений

- Наиболее легко удаляются механически образовавшиеся отложения. Для этого иногда достаточно ограничиться механической обработкой поверхности и (или) водными промывками.
- Для уменьшения таких отложений необходимо конструировать системы первого контура без застойных зон, а скорость теплоносителя выбирать такой, чтобы режим течения был турбулентным и препятствовал интенсивному отложению примесей.
- Водно-химический режим следует поддерживать таким, чтобы примеси находились в растворенном состоянии.
- Покрытие полов и стен помещений должно быть таким, чтобы минимизировать отложения, а при отмывках отложения можно было бы легко удалить.
- Отложения, закрепившиеся на поверхностях в результате сорбционно-диффузионных процессов, удаляются путем периодической дезактивационной обработки специальными растворами. В результате такой обработки происходит удаление поверхностного слоя. Дезактивирующий раствор подбирается с учетом особенностей конструкционных материалов.

# Радиоактивные отходы

- **Радиоактивные отходы (РАО)** – это не подлежащие дальнейшему использованию на АЭС вещества в любом агрегатном состоянии, материалы или изделия, в которых содержание радионуклидов превышает уровни, установленные федеральными нормами и правилами в области использования атомной энергии. На атомных станциях РАО образуются при эксплуатации энергоблоков и выводе их из эксплуатации.
- Как источники ионизирующего излучения образующиеся радиоактивные вещества потенциально опасны для человека и окружающей природной среды.
- В значительной мере твердые РАО определяют радиационную опасность при снятии энергоблоков с эксплуатации.

# Основные принципы обращения с РАО

- Эти принципы направлены на обеспечение безопасности работы с РАО на всех этапах. Основной целью при этом является защита человека и окружающей природной среды от вредного воздействия ионизирующего излучения как в настоящее время, так и в будущем.
- *А) Принципы государственного управления и регулирования*
- *Б) Принципы радиационной безопасности*
- *В) Принципы обращения с РАО*

## *Принципы государственного управления и регулирования:*

- правительство несет ответственность за создание законов, регулирующих всю деятельность, связанную с использованием атомной энергии, включая и обращение с радиоактивными отходами, и за организацию независимых органов, регулирующих и контролирующих эту деятельность;
- для обеспечения безопасности при обращении с РАО важно, чтобы в принятых законах и выпущенных нормативных документах было определено четкое распределение обязанностей и ответственности между участниками этой деятельности;
- государственными регулирующими органами должны быть установлены предельные допустимые нормы облучения персонала и населения, сбросов и выбросов радиоактивных веществ в окружающую природную среду;
- ответственность за конкретную АЭС, хранилище отходов, вид деятельности несет эксплуатирующая организация.

# *Принципы радиационной безопасности*

- принцип нормирования – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников ионизирующего излучения;
- принцип обоснования – запрещение всех видов деятельности по использованию источников ионизирующего излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным к естественному радиационному фону облучением;
- принцип оптимизации – поддержание индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника ионизирующего излучения на возможно низком достижимом уровне с учетом экономических и социальных факторов (в английской аббревиатуре – ALARA – As Low As Reasonably Achievable).



# *Принципы обращения с РАО*

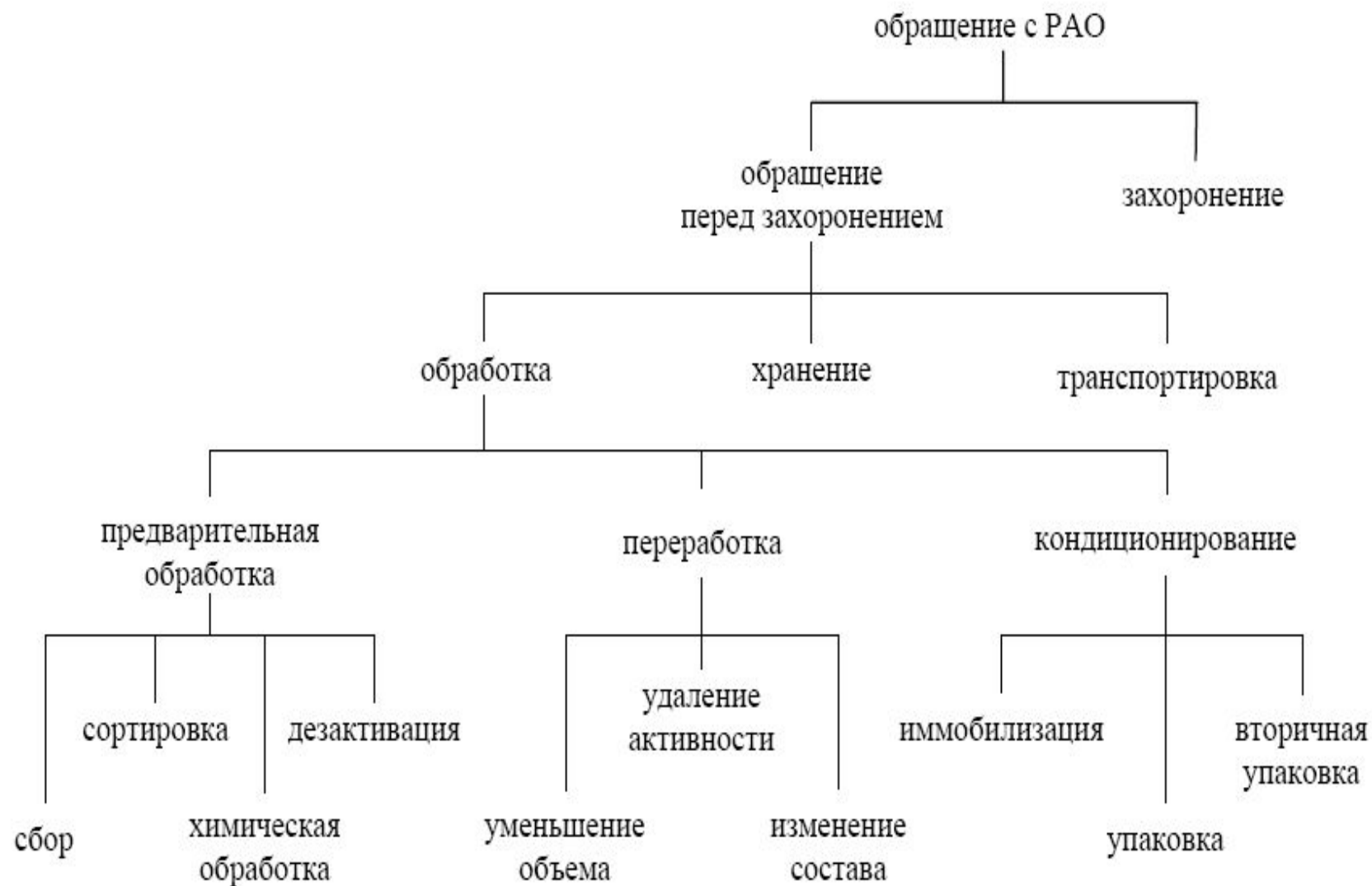
- образование радиоактивных отходов и их активность должны удерживаться на практически приемлемом минимальном уровне;
- воздействие РАО на здоровье человека и окружающую среду в будущем не должно превосходить того, которое считается приемлемым сегодня;
- при всех видах деятельности, связанных с обращением с радиоактивными отходами и их захоронением, бремя, возлагаемое на будущие поколения, не должно быть чрезмерным.

# Классификация радиоактивных ОТХОДОВ

- *По агрегатному состоянию*  
радиоактивные отходы разделяются на жидкие, твердые и газообразные.
- *По периоду полураспада радионуклидов:*  
с периодом полураспада менее 15 сут. и с периодом полураспада более 15 сут.
- *По удельной активности:*  
низкоактивные, среднеактивные, высокоактивные.

## Классификация жидких и твердых РАО

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 $10^5$



# Комментарии к схеме

- Предварительная обработка отходов производится непосредственно на местах их образования. Этап включает сбор, сортировку и первичную дезактивацию этих продуктов с учетом их агрегатного состояния по активности и по физико-химическому составу. Цель этапа состоит в том, чтобы определиться с дальнейшей судьбой исходных продуктов: распределить их по степени активности, периодам полураспада нуклидов, физическим и химическим свойствам, дезактивировать то, что поддается дезактивации, и вернуть эти предметы, среды в технологический цикл или, если продукты окончательно относятся к РАО, выбрать метод их дальнейшей обработки
- Переработка радиоактивных отходов включает операции, цель которых состоит в уменьшении объема, в удалении радионуклидов и/или в изменении состава отходов.
- Кондиционирование радиоактивных отходов состоит в превращении радиоактивных отходов в форму, пригодную для безопасного перемещения, хранения и захоронения.

# Комментарии к схеме

- *Захоронением* считается помещение отходов в соответствующее хранилище без намерения их последующего извлечения.
- *Обработка отходов* – технологические операции, которые изменяют характеристики отходов (объем, агрегатное состояние и/или физико-химических свойства).
- *Хранение* – временное содержание отходов в специально отведенных местах, емкостях, хранилищах, обеспечивающее защиту от радиации и изоляцию от внешней среды, с возможностью последующего извлечения.
- *Упаковка отходов* – упаковочный комплект (контейнер) с помещенными в него РАО, подготовленный для транспортирования, и/или хранения, и/или захоронения.

# ТВЕРДЫЕ РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ И ОБРАЩЕНИЕ С НИМИ

- К твердым радиоактивным отходам (ТРО) относятся не предназначенные для дальнейшего использования оборудование, инструменты и другие изделия, материалы, спецодежда и т.д., а также отвержденные жидкие РАО, в которых удельная активность радионуклидов превышает значения минимально значимой удельной активности.
- При неизвестном радионуклидном составе к ТРО относят предметы, удельная активность которых больше:
  - 100 кБк/кг – для источников бета-излучения;
  - 10 кБк/кг – для источников альфа-излучения;
  - 1,0 кБк/кг – для трансураниевых радионуклидов.

# Источники и виды твердых радиоактивных отходов

- Основными источниками ТРО, образующихся при эксплуатации АЭС, являются:
  - детали и материалы, извлекаемые из активной зоны (подвергшиеся нейтронному облучению);
  - детали и узлы ремонтируемого оборудования, контактировавшего с радиоактивным теплоносителем или другими радиоактивными технологическими средами и сорбировавшие на поверхности радиоактивные нуклиды;
  - загрязненные приборы, инструменты, приспособления;
  - обтирочные и упаковочные материалы, тара;
  - фильтровальные элементы спецвентиляции,
  - спецодежда, обувь, средства индивидуальной защиты;
  - отвержденные жидкие РАО;
  - другие загрязненные предметы.



- Для предварительной сортировки ТРО рекомендуется использование в качестве критерия мощности дозы гамма-излучения на расстоянии 0,1 м от поверхности:
  - низкоактивные – от 0,001 до 0,3 мГр/ч;
  - среднеактивные – от 0,3 до 10 мГр/ч;
  - высокоактивные – более 10 мГр/ч.
- Первичных слабоактивных ТРО на крупной АЭС образуется ~150–200 м<sup>3</sup>/год
- К средне- и высокоактивным ТРО относятся детали, извлекаемые из активной зоны реактора, отработавшие аэрозольные фильтры и другие сильно загрязненные предметы. Количество твердых высокоактивных отходов, накапливающихся за год, составляет 10–15 м<sup>3</sup>
- Отработавшее топливо обычно к отходам не относится.
- По материалу ТРО делятся, в первую очередь, на горючие и негорючие.

# Сбор и сортировка ТРО

- Сбор ТРО является обязательным этапом подготовки их к хранению, переработке и кондиционированию. Его цель – с одной стороны, исключение поступления радионуклидов в окружающую среду выше пределов, установленных санитарными правилами путем сосредоточения ТРО в специальных контейнерах и помещениях, а с другой, исключение попадания в хранилища ТРО нерадиоактивных отходов.
- Запрещается смешивать радиоактивные и неактивные отходы и РАО разных категорий с целью снижения их удельной активности.
- ТРО делятся на прессуемые, сжигаемые, измельчаемые, переплавляемые и неперерабатываемые.
- Отдельно собираются
  - взрыво- и пожароопасные ТРО;
  - металлические ТРО, подлежащие переплавке;
  - ТРО, содержащие только радионуклиды с периодом полураспада менее 15 сут.

## ***Переработка и кондиционирование горючих ТРО***

- Горючие слабоактивные ТРО (такие как бумага, дерево, резина, спецодежда, тара и другие сгораемые предметы и материалы) сжигают в специально оборудованных печах, оснащенных соответствующей вентиляцией с улавливающими аэрозольными фильтрами.
- Путем сжигания горючих материалов можно уменьшить общий объем слабоактивных отходов в 10–50 раз.
- Образующаяся при сжигании зола собирается и хранится в герметичных контейнерах или бочках. Полученную золу можно также отвердить методом цементирования.

# ***Переработка и кондиционирование металлических ТРО***

- Прессование металлических и других ТРО и резка длинномерных предметов производится для уменьшения возможного объема перед помещением в хранилище твердых отходов (ХТО). За счет прессования удастся уменьшить объем отходов в 5-10 раз.
- Хранение ТРО на АЭС организуется так, чтобы исключать
  - необоснованное облучение персонала;
  - облучение населения выше установленных пределов;
  - поступление радионуклидов в окружающую среду выше пределов, установленных санитарными правилами.

# Хранение ТРО

- Сбор и временное хранение незначительных объемов ТРО осуществляется, как правило, в специальных помещениях основного корпуса АЭС.
- Длительное хранение больших объемов ТРО производится в специально оборудованных хранилищах твердых отходов (ХТО) или на специально созданных площадках с системой барьеров, предотвращающих поступление радионуклидов в окружающую среду.
- На территории вокруг хранилищ ТРО предусматриваются контрольно-наблюдательные скважины для отбора проб грунтовых вод.