

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования**

«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К Г Э У

**ТОПЛИВНОЕ ХОЗЯЙСТВО
АЭС**

СОДЕРЖАНИЕ:

1. Понятие о АЭС
2. Ядерный топливный цикл
3. Добыча руды
4. Превращение урана в ядерное топливо
5. ТВЭЛ
6. Доставка топлива на станцию
7. ТВС до реактора
8. Выгрузка топлива из реактора
9. Транспортировка ОЯТ в РФ



АЭС – это огромный комплекс, включающий ядерный реактор и соответствующее оборудование и предназначенный для преобразования ядерной энергии в электрическую. На АЭС топливо поступает уже в виде конструкционных узлов – ТВС, готовых к монтажу в активной зоне реактора. Однако прежде чем добываемый из руд уран попадет в реактор, он должен пройти целый ряд технологических процессов на предприятиях, входящих в состав топливно-энергетического комплекса. К ним относятся, например, предприятия, осуществляющие добычу топлива, его переработку, транспортировку и т.д.

Ядерный топливный цикл - это вся последовательность повторяющихся производственных процессов, начиная от добычи топлива (включая производство электроэнергии) и кончая удалением радиоактивных отходов . В зависимости от вида ядерного топлива и конкретных условий ядерные топливные циклы могут различаться в деталях, но их общая принципиальная схема сохраняется.

Ядерным топливом для реакторов является уран. Поэтому все стадии и процессы ядерного топливного цикла определяются физико-химическими свойствами этого элемента



ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ

ДОБЫЧА РУДЫ

Начальная стадия топливного цикла – горнодобывающее производство, т.е. урановый рудник, где добывается урановая руда.

Среднее содержание урана в земной коре довольно велико. Урана примерно в 1000 раз больше, чем золота и в 30 раз больше чем серебра.

Урановые руды отличаются исключительным разнообразием состава.



ТРИ СПОСОБА ДОБЫЧИ РУДЫ:

1. Открытый или карьерный способ



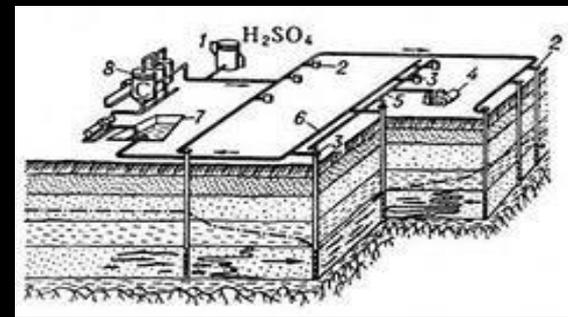
2. Подземный способ



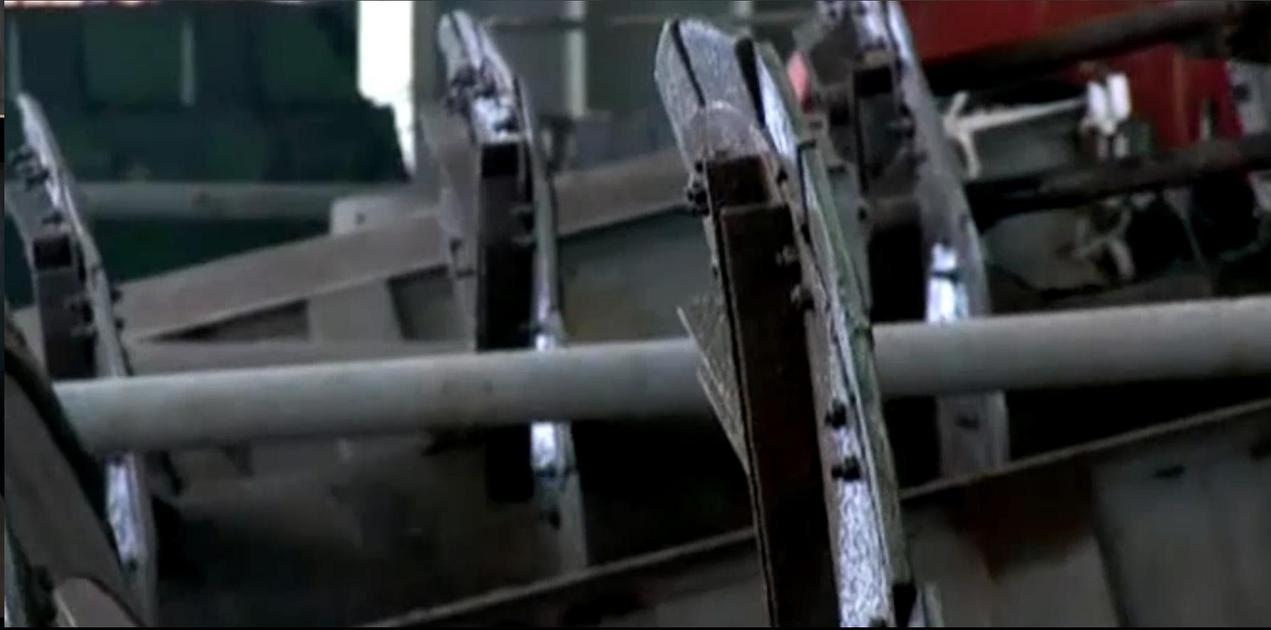
3. Подземное выщелачивание



532x483 47kb



ПРЕВРАЩЕНИЕ УРАНА В ЯДЕРНОЕ ТОПЛИВО



Обедненная урановая порода незначительно измельчается и насыпается в штабеля
Размеры штабелей 100 на 50 метров, глубина почти 14 метров



Раствор серной кислоты постепенно просачивается сквозь штабель руды, обогащается ураном и по специальному желобу стекает в отстойник на дальнейшую переработку.

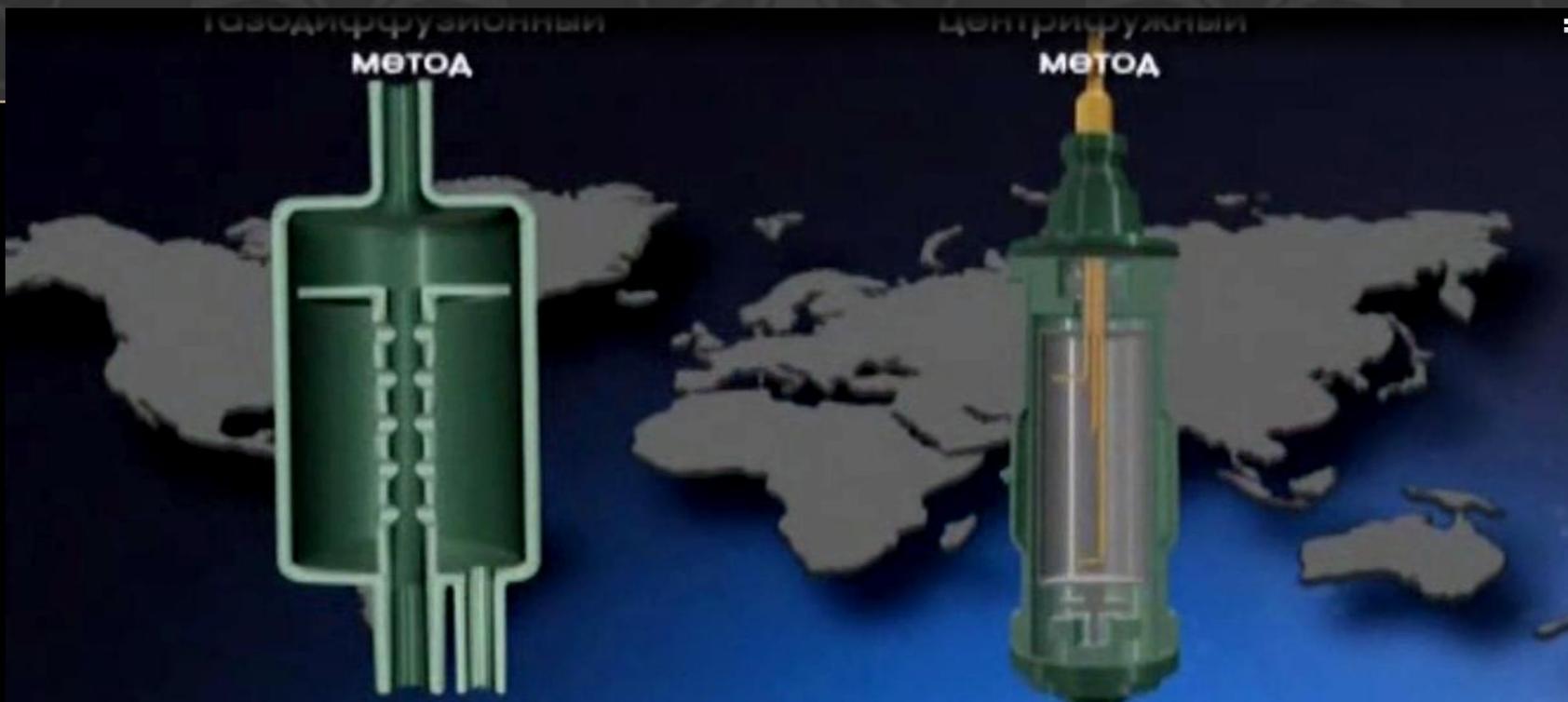


СУЛЬФАТ УРАНИЛА (UO,SO,)



Закись окись урана

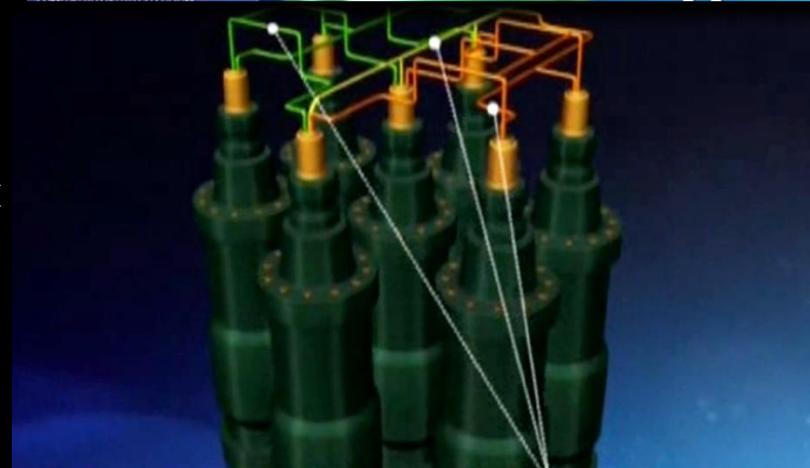
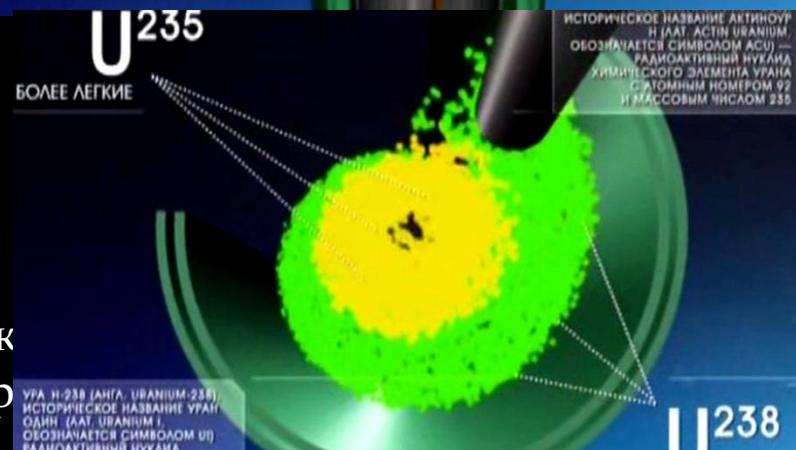
Для обогащения урана сегодня в мире используют две технологии:
газодиффузионную и газоцентрифужную



Газовая центрифуга состоит из двух цилиндров: неподвижного внешнего и, вращающегося с огромной скоростью, внутреннего.

Газ, гексофторид урана, подается сразу в центр внутреннего цилиндра. Благодаря различию в массе атомов 235 и 238 изотопов, центробежные силы неравномерно их разбрасывают по объему цилиндра. Более тяжелые 238 изотопы оказываются ближе к стенке, а более легкие 235 – ближе к центру ротора.

С помощью специальных трубок, обогащенный и обедненный газы, откачиваются и подаются на следующий каскад центрифуг.



Превращение порошка диоксида урана в топливо начинается в специальном автомате дозаторе.

Порошок перемешивается с пластификатором для улучшения качества прессования. Полученные

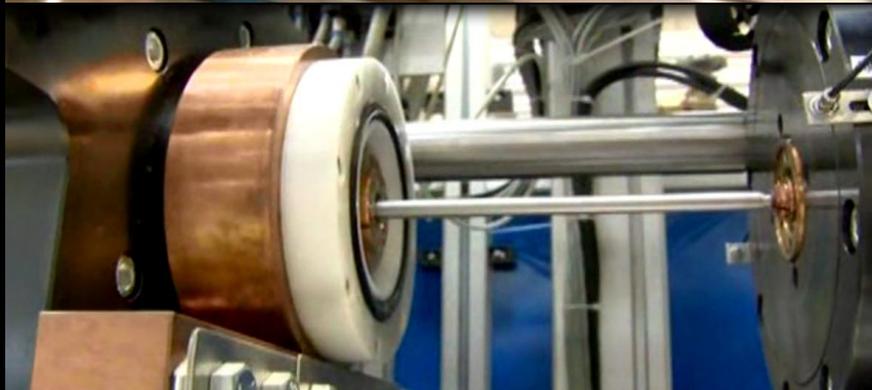
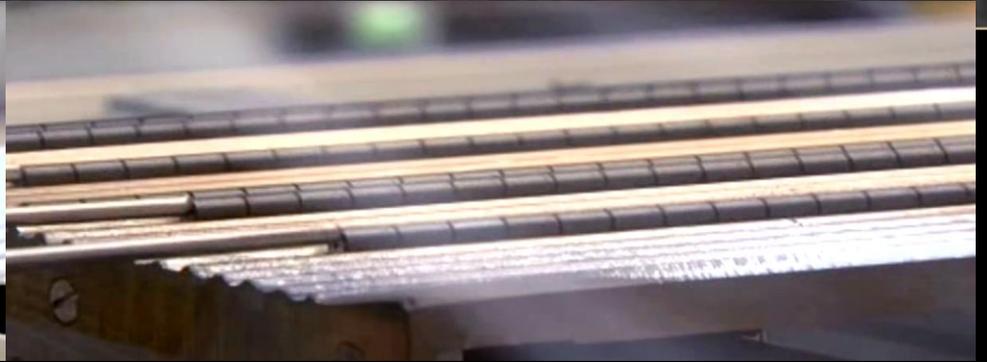
таблетки помещаются в, так называемую, лодочку из молибдена и отправляются по транспортеру в высокотемпературную печь.

Температура в печи более 1700 градусов, таблетки находятся в печи более суток, за это время они спекаются и приобретают особую прочность и устойчивость к высоким температурам.

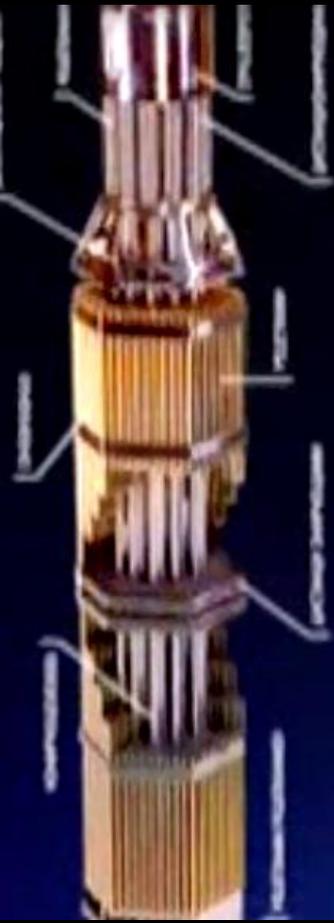
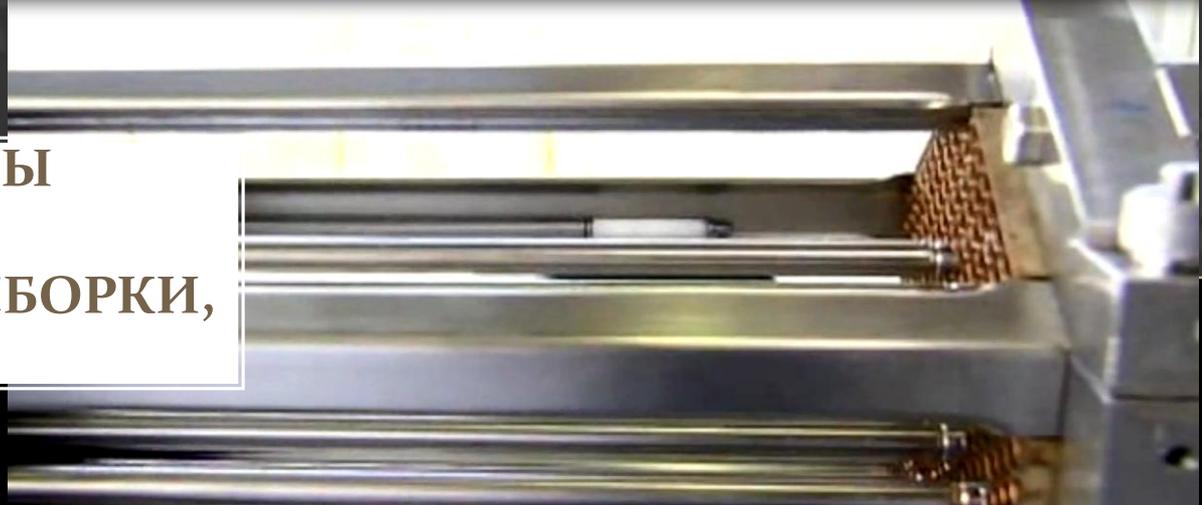


ТВЭЛ

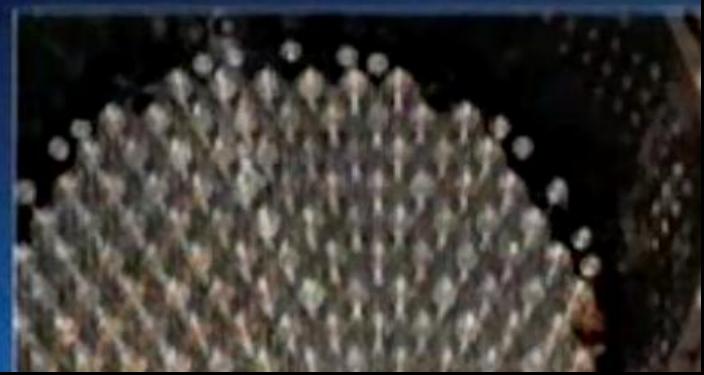
ТВЭЛы - это тонкие трубки из циркониевого сплава, которые автомат туго набивает урановыми таблетками.



СОБРАННЫЕ ТВЭЛЫ ОБЪЕДИНЯЮТ В ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ СБОРКИ, ТВС

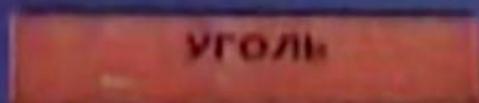


ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩАЯ СБОРКА (ТВС) — мощностростроительное изделие, содержащее ядерные материалы и предназначенное для получения тепловой энергии в ядерном реакторе за счет осуществления контролируемой ядерной реакции. Обычно представляет собой шестиугольный пучок ТВЭЛов длиной 2,5—3,5 м (что примерно соответствует высоте активной зоны) и диаметром 30—40 см, изготовленный из нержавеющей стали или сплава циркония (для уменьшения поглощения нейтронов)





670 вагонов
угля



730 цистерн
с газом



900 цистерн
с нефтью



ДОСТАВКА ТОПЛИВА НА СТАНЦИЮ



ТВС перевозить совершенно безопасно — эти сборки перевозят в специальных транспортных контейнерах, разработанных по нормам специально для перемещения ТВС с завода-изготовителя на АЭС. В конструкции контейнеров предусмотрены все возможные аварийные ситуации на транспорте.

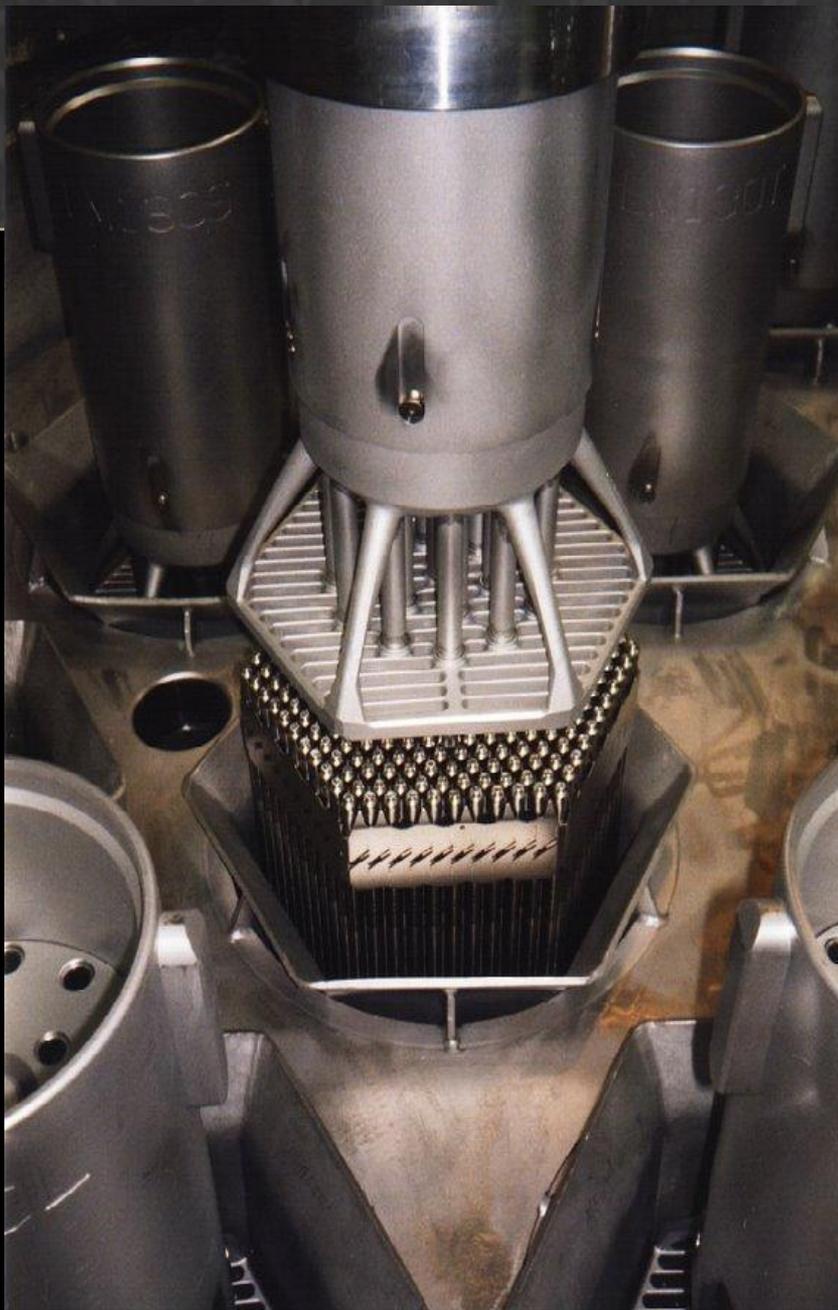
ТВС до реактора

свежее топливо хранится в узле свежего топлива, расположенном в спецкорпусе. Здесь проводятся все операции с ядерным топливом до момента его загрузки в реактор: прием топлива, входной контроль, хранение (в специальных чехлах), подготовка свежих ТВС к загрузке. Доставка ТВС в реакторное отделение производится в защитных чехлах на специальной внутристанционной платформе.



ТВС грузятся в реактор специальным краном, и сверху реактор выглядит так:





Раз в несколько лет, каждую ТВС меняют на новую. Меняют их не одновременно, чтобы реактор не останавливался, а по одной-две.

ВЫГРУЗКА ТОПЛИВА ИЗ РЕАКТОРА

ОЯТ

ОЯТ – это отработанное (облученное) ядерное топливо. Оно образуется при плановом (обычно от трех до пяти лет) нахождении ядерного топлива в активной зоне реактора.

РАО

Радиоактивные отходы (РАО) – это побочные продукты, образующиеся на всех стадиях ядерного топливного цикла и не представляющие ценности для дальнейшего использования, а также все материальные вещества и изделия, загрязненные радионуклидами до уровней, не соответствующих нормам радиационной безопасности (считаются таковыми до их дезактивации).

Первым этапом является удаление облученных сборок из активной зоны и их перемещение во временное пристанционное хранилище. Эта операция выполняется с помощью специальной перегрузочной машины. Пока активность и тепловыделение ОЯТ высоки, оно хранится в пристанционных бассейнах выдержки. После 3-5 лет хранения становится возможным его вывоз с площадки АЭС.



Хранилища ОЯТ бывают двух видов:

1) “Мокрое” хранилище

2) “Сухое” хранилище.



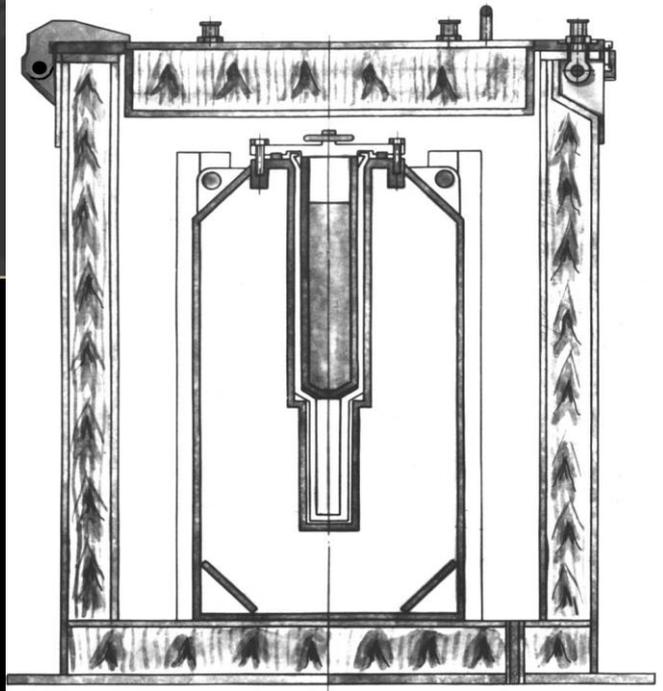
Сухое хранилище ОЯТ и РАО

ТРАНСПОРТИРОВКА ОЯТ В РФ

В России ОЯТ транспортируется либо на ПО «Маяк» (г. Озерск, Челябинская обл.) для переработки (ОЯТ реакторов ВВЭР-440, БН-600, судовых и исследовательских), либо на завод РТ-2 Горнохимического комбината (г. Железногорск, Красноярский край) для длительного хранения (ОЯТ реакторов ВВЭР-1000). В перспективе на заводе РТ-2 будет осуществляться и длительное хранение ОЯТ реакторов РБМК-1000 после его вывоза из пристанционных хранилищ.



Бассейн выдержки ОЯТ на Красноярском ГХК



ТУК

Перевозка отработавших тепловыделяющих сборок с АЭС осуществляется в специальных транспортных упаковочных комплексах (ТУК), которые помещаются в железнодорожные транспортеры и отдельными литерными поездами перевозятся в хранилище ФГУП «ГХК».



Спец-вагон для перевозки ОЯТ

Аварийно-техническое обеспечение перевозок ОЯТ обеспечивается постоянной готовностью аварийно-спасательных формирований Росатома по предупреждению и ликвидации аварий на транспорте.



Вагон для перевозки ОЯТ

После транспортирования ОЯТ на ГХК производится перегрузка ОТВС из транспортных контейнеров в чехлы хранилища.



Контейнер для хранения
ОЯТ

Извлечение контейнера из вагона



Общий вид хранилища

Перегрузка отработавших тепловыделяющих сборок из транспортных контейнеров в чехлы хранения производится в бассейне под слоем воды специальными приспособлениями. Затем чехлы с ОТВС транспортируются подводой в отсеки бассейна для долговременной выдержки. В хранилище ведется постоянный контроль за содержанием в воде бассейнов радионуклидов и химических элементов



Сборка ОЯТ под водой



Перегрузка сборок под водой



Хранилище радиоактивных отходов на заводе по обогащению урана в Америке



Хранилище радиоактивных отходов на территории завода по обогащению урана в Северске

<http://green.tomsk.ru>

source: Google earth