



Преимущества переработки и рециклирования ОЯТ

Л. Девос
AREVA, Региональный ВП, Россия и СНГ

Атомэко, Москва, 10 ноябрь 2015 г.

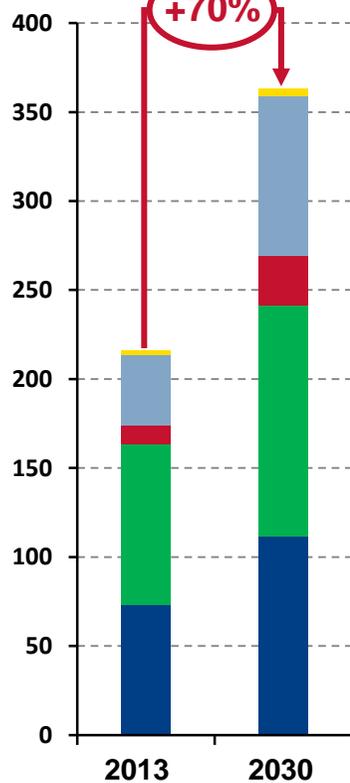
Два основных способа обращения с ОЯТ



К 2030 году ожидается увеличение ядерных мощностей в мире

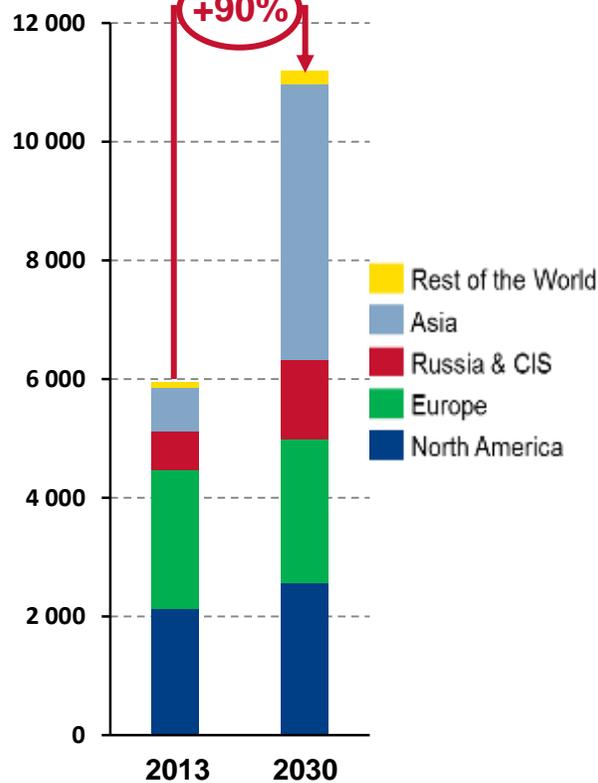
Накопленный ОЯТ легководных реакторов

(1000 т горячего металла)

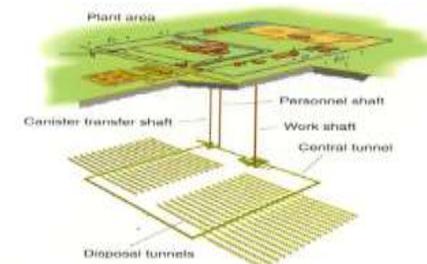


Ежегодная выгрузка ОЯТ с легководных реакторов

т горячего металла в год



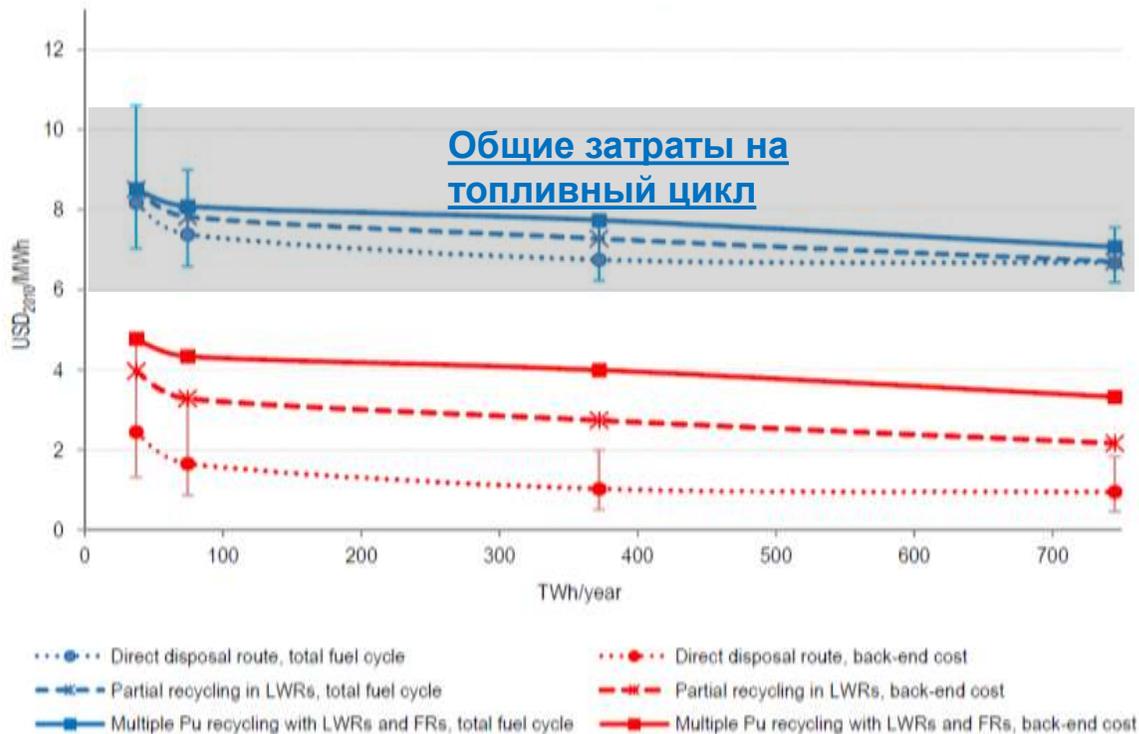
► Возможности глубинного захоронения ограничены



Замкнутый цикл конкурентоспособный подход

Отчет ОЭСР по экономическим показателям цикла (2013)

Figure ES.1: Total fuel cycle and back-end levelised costs for different reactor fleets and strategies, 3% discount rate*



3 сценария на 60 лет

Прямое захоронение

Рецикл. LWR

Рецикл. LWR и БН



Основные преимущества

Экономленый ОУП от использования регенерата и МОХ
Экономленное хранение ВАО в течение 60 лет



Основные выводы

Общие затраты на топливный цикл сопоставимы во всех 3 сценариях

Упомянут ряд рисков и преимуществ, но НЕ их стоимость
НИ ряд ПРЕИМУЩЕСТВ не указан

Основные составляющие обращения с ОЯТ

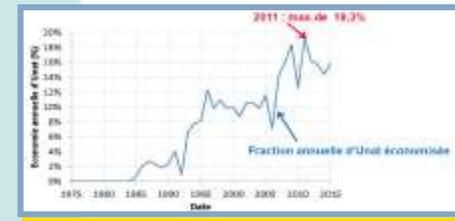
Управление рисками

- ▶ **Ядерная безопасность**
 - ◆ Поврежденные ТВС
 - ◆ Переполненные реакторные установки (разгрузка АЗ)
 - ◆ Переполненные бассейны выдержки ОЯТ
- ▶ **Долгосрочное хранение**
- ▶ **Влияние на окружающую среду**
 - ◆ Сейсмическое
 - ◆ Морское
 - ◆ Затопление
- ▶ **Общественное признание**
- ▶ **Нераспространение и безопасность**

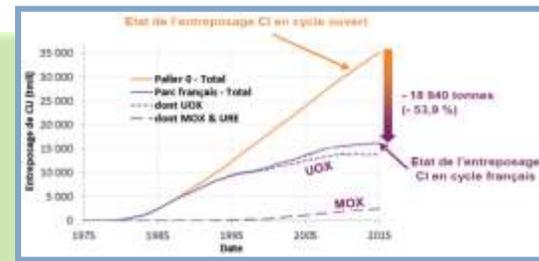
Задачи ядерной системы

- ▶ **Сохранить природные ресурсы**
- ▶ **Повысить энергетическую независимость**
- ▶ **Минимизировать объем отходов к захоронению**
- ▶ **Оптимизировать затраты на электроэнергию**

ЯТЦ во Франции: экономика существующего топливного цикла



Сэкономлено 25 500 тонн природного урана



Сэкономлено 18 940 тонн временного хранения

Риски, связанные с долгосрочным временным хранением

США



Отчет NRC за 2013 год

Более **40 лет** с низким выгоранием (выгорание < 45 ГВ.с/т), **20 лет** с высоким выгоранием (КВ > 45 ГВ.с/т), **отсутствие или недостаточно данных по целостности топлива.**

Г-н Макфарлейн, Председатель NRC, в своей речи от 17 ноября 2014 года заявил, что *“Исследования в области **долгосрочной целостности ОЯТ**, которые проводятся в данный момент в США и других странах, станут основой для защиты здоровья людей и безопасности.”*

Нидерланды



EPZ



Отсутствие мер предосторожности, коррозии, утечек, угрозы безопасности, значительное общественное признание



Безопасное долгосрочное хранение контейнеров со стеклом (более 100 лет) дает большое преимущество

Операторы АЭС сталкиваются со сложными задачами



Обращение с ОЯТ

- ▶ Большие объемы накопленного ОЯТ
- ▶ Недостаток (или значительное отставание) способов окончательного захоронения



- ▶ Временные системы не всегда способны сократить разрыв
- ▶ Неопределенность в поведении ОЯТ

Продление срока эксплуатации АЭС



Вывод АЭС из эксплуатации



Новые АЭС



Основные проблемы

- ▶ Переполнение бассейнов выдержки, ограничения по их эксплуатации
- ▶ Необходимость анализов безопасности
- ▶ Общественное признание / долгосрочное хранение
- ▶ Выгрузка из бассейна выдержки для вывода из эксплуатации
- ▶ Общественное признание
- ▶ Поврежденные ТВС
- ▶ Трудности с получением новых лицензий

Решения

Возможное решение – переработка ОЯТ с возвращением ВАО

Переработка поврежденных ТВС

Более 450 поврежденных сборок были переработаны Аревой



Переработка ОЯТ позволяет снизить основные риски

Экономия, связанная с захоронением универсальных контейнеров после 60 лет

Влияние универсальных контейнеров на окончательное захоронение



Уникальный и стандартизированный вид отходов, подходящий для транспортировки, долгосрочного хранения и захоронения

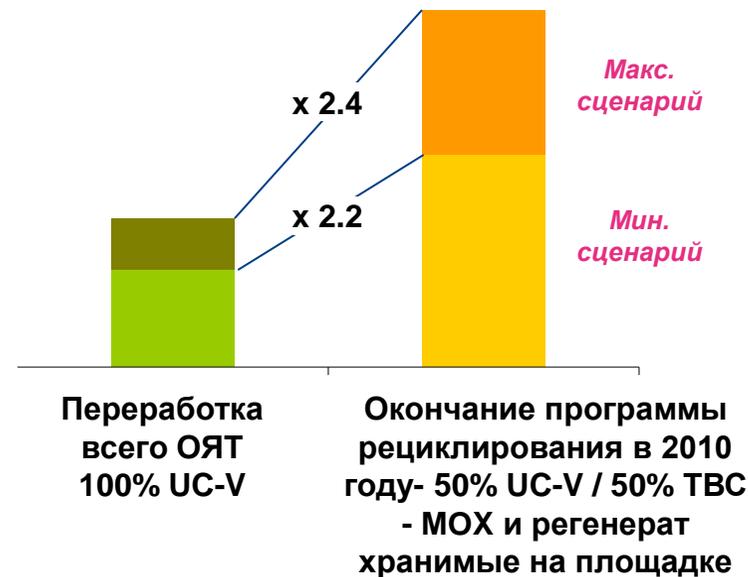
Значительно снижены

- ▶ Масса и объем отходов
- ▶ Радиологическая токсичность
- ▶ Термическая нагрузка



- ▶ Площадь хранилищ уменьшится в 4 раза при захоронении универсальных контейнеров

Оценка стоимости окончательного захоронения- ANDRA



Источник : ANDRA in Audit Cour des Comptes 2005 г



Для переработки всего объема ОЯТ и получения выгоды от сокращения расходов на захоронение, уйдет более 60 лет

Преимущества многократного рециклирования

Сценарий многократного рециклирования АЕН

- ▶ Только 17,5% быстрых реакторов в общем парке реакторов
- ▶ БР используются как “сжигатели” с коэффициентом воспроизводства 0,5
- ▶ ЛВР и БР не подпитывают друг друга (“отсутствие симбиоза”)

Пропущенные преимущества

- ▶ Недооценена безопасность поставок
- ▶ Экономия природных ресурсов (разделено на 2 / самостоятельность)
- ▶ Нет улучшения изотопного состава для топлива ЛВР



Самостоятельные БР значительно повысит эффективность сценария многократного рециклирования АЕН (по сравнению с открытым циклом)

Если все опции сопоставимы с точки зрения прямых затрат, то эффективность от опций рециклирования, однозначно, выше

Управление рисками



- ▶ Долгосрочное хранение
- ▶ Ядерная безопасность
 - ◆ Поврежденные ТВС
 - ◆ Переполненные реакторные установки (разгрузка АЗ)
 - ◆ Переполненные бассейны выдержки ОЯТ вблизи реакторов
- ▶ Влияние на окружающую среду
 - ◆ Сейсмическое
 - ◆ Морское
 - ◆ Затопление
- ▶ Общественное признание
- ▶ Нераспространение и безопасность



Задачи ядерной системы



- ▶ Сохранить природные ресурсы
- ▶ Повысить энергетическую безопасность
- ▶ Оптимизировать затраты на электроэнергию
- ▶ Минимизировать объем отходов к захоронению
- ▶ Ослабить ограничения для эксплуатации АЭС



Ключевые выводы

- ▶ Недавно проведенная экономическая оценка (отчет NEA) делает вывод о том, что все опции сопоставимы
- ▶ Риски, которые могут быть снижены в результате переработки, упомянуты, но в отчете не содержится данных по их стоимости
 - ◆ Долгосрочное временное хранение
 - ◆ Хранение ТВС с высокой степенью выгорания
 - ◆ Поврежденные ТВС
- ▶ Отчет NEA лишь частично учитывает многократное рециклирование и преимущества БН: энергетическую независимость, экономию природных ресурсов и снижение объема отходов
 - ◆ Окончательное захоронение недостаточно оптимизировано
 - ◆ Смешанный реакторный парк ЛВР и БР, с незначительной долей БР, действующие в режиме сжигания → практически нет влияния на энергетическую безопасность

» **Замкнутый цикл: от сопоставимого к предпочтительному!**