

# Поэтапный отказ от использования ядерной энергии в Германии: вывод из эксплуатации ядерных объектов и захоронение РАО

Др. Георг Брэлер, главный технолог  
NUKEM Technologies, Германия



## Ключ к поэтапному сворачиванию ядерной отрасли в Германии

2011 г.	<p>Несмотря на стресс-тесты на федеральном и (позже) на европейском уровнях после аварии на АЭС «Фукусима», доказавших исключительный уровень безопасности немецких АЭС, Христианско-демократическая и Свободная демократическая партии Германии вместе с оппозицией в Бундестаге (парламенте) и федеральными землями приняли следующее решение по поводу второго этапа отказа от ядерной отрасли:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Сразу после данной аварии работа «старых» АЭС (7+1) была временно приостановлена; теперь она приостановлена навсегда</li><li>• К 2022 г. планируется завершить поэтапный вывод из эксплуатации всех остальных АЭС.</li></ul>
Сейчас	Главные политические партии и около 3/4 населения поддерживают антиядерную политику

## Обзор объектов отрасли

Объекты, которые  
эксплуатируются / не эксплуатируются

-  Эксплуатируется; **год окончательного останова**
-  Срок действия разрешения на генерирование электричества истёк в 2011 г. согласно последним поправкам в Законе ФРГ об атомной энергетике
-  Остановлен
-  Полностью выведен из эксплуатации
-  Исследовательская установка с установкой для обращения с РАО
-  Установка для обращения с РАО
-  Централизованное временное хранилище
-  Постоянное хранилище
-  Изыскательные работы
-  Выбор местоположения завершен
-  Сооружение



## Последствия

Готова ли Германия вывести из эксплуатации свои реакторы?

## Юридическая база

### По Закону об атомной энергетике

- Два варианта для **снятия с эксплуатации**

**Немедленный демонтаж**

**безопасное захоронение**

→ Срочный демонтаж – это распространённая практика и основа для всех сегодняшних программ снятия с эксплуатации

- Финансирование

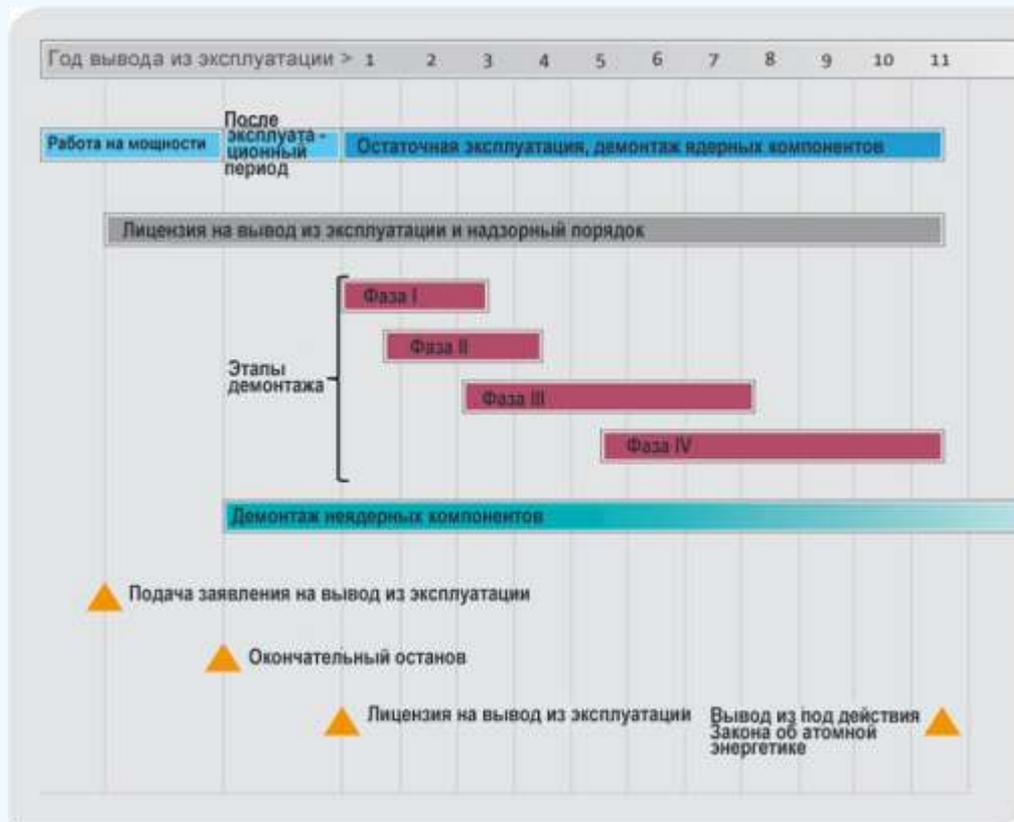
→ Генерирующим предприятиям пришлось создавать резервы под все аспекты обращения с РАО, включая хранилища для окончательного размещения РАО (сейчас всё вместе – около 32 млрд. евро)

## Из опыта Немецкие АЭС при снятии с эксплуатации

Блоки АЭС	МВтэ	Срок эксплуатации	Срок вывода из эксплуатации	Тип реактора
Многоцелевой реактор, НИЦ Карлсруэ	57	1965-1984	1984- продолжается	Тяжеловодный ядерный реактор
АЭС Райнсберг	70	1966-1990	1995 - продолжается	Реактор с водой под давлением
АЭС Обригхайм	357	1968-2005	2009 - продолжается	
АЭС Штаде	672	1972-2003	2005 - продолжается	
АЭС Грайфсвальд	5 x 440	1973-1990	1995 - продолжается	
АЭС Мюльхайм-Керлих	1302	1986-1988	2004 - продолжается	
АЭС Каль	16	1960-1985	1988 - 2006	Кипящий водяной реактор
АЭС Гундремминген	250	1966-1977	1983 - продолжается	
АЭС Линген	254	1968-1977	защитная оболочка	
АЭС Гросвельцгайм (Карлштайн)	25	1969-1971	1992 - 2008	
АЭС Вюргассен	670	1971-1994	1997 - продолжается	
АЭС Нидерайхбах	106	1972-1974	1987 - 1995	Газоводяной реактор
Экспериментальная АЭС Юлих	15	1966-1988	защитная оболочка	Высокотемпературный газоохлаждаемый реактор
АЭС THTR-300, Хамм-Юнтроп	308	1983-1988	защитная оболочка	
KNK-II, НИЦ Карлсруэ	21	1977-1991	1991 - продолжается	Реактор на быстрых нейтронах

# Что нужно предпринять до выведения из-под действия Закона о ядерной энергетике

## Пример процесса вывода из эксплуатации



На всех блоках уже подали либо подадут к концу 2013 г. заявку о прекращении работы согласно закону от 2011 г.

Однако, ввиду временных затрат на обработку заявлений в государственных органах и необходимости высвободить бассейны выдержки отработавшего топлива в ближайшие годы начало работ по выводу из эксплуатации ожидается не ранее 2015 года.

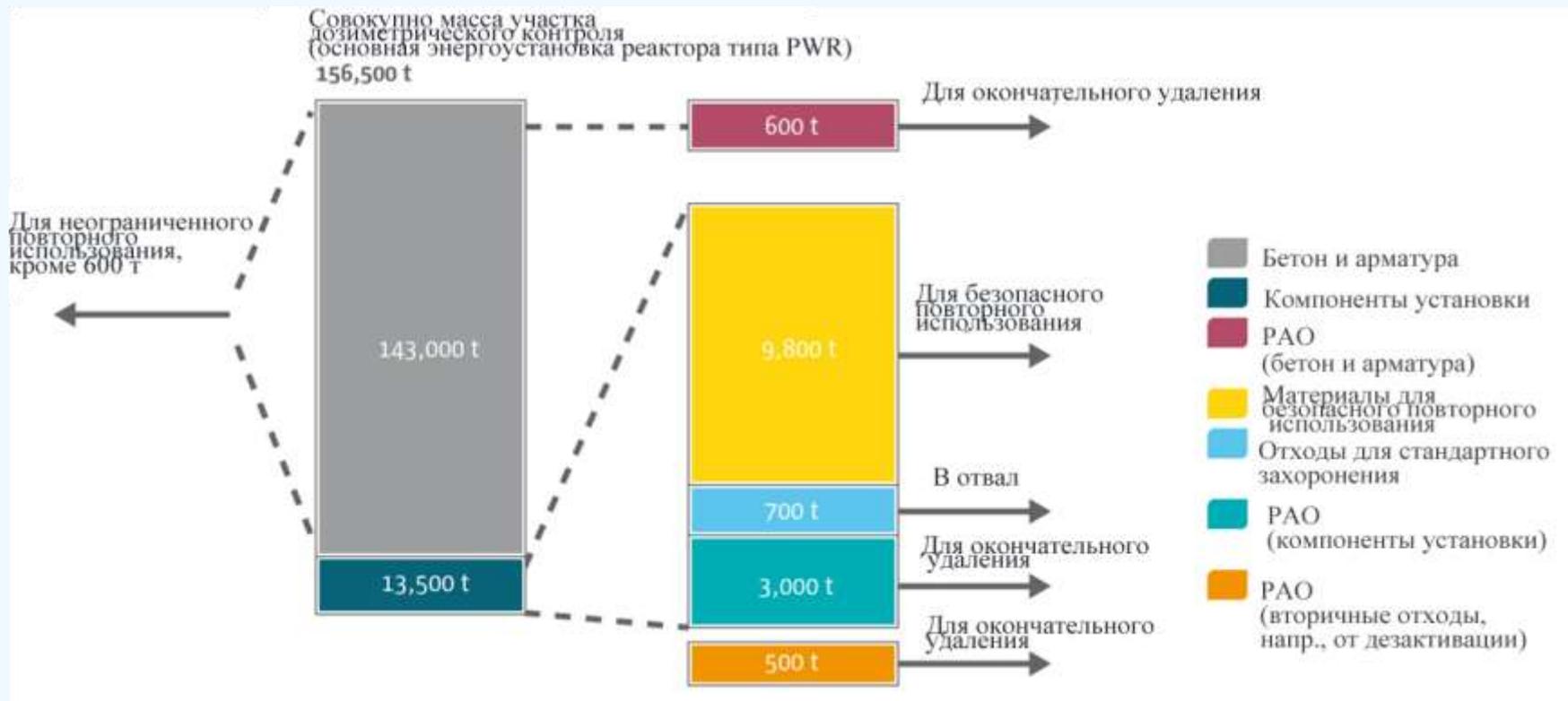
## Что нужно предпринять до выведения из-под действия Закона о ядерной энергетике (2)

### Этапы вывода из эксплуатации (на примере АЭС Штаде, водо-водяной энергетический реактор, остановлен в 2005 г.)

- **На этапе 1** демонтировано большое количество ненужных систем зоны контрольного доступа, а именно: ёмкости для паводковой воды, баки-коллекторы, патрубки и вставки СУЗ и другие загрязнённые системы. В результате появились перспективы для дальнейшей работы. Неядерные компоненты также подлежали демонтажу.
- **На этапе 2** демонтирован трубопровод первого контура, включая насосы, и парогенераторы.
- **Этап 3** отводился на демонтаж оборудования с высокой радиоактивностью, а именно: бака реактора высокого давления с внутриреакторными устройствами и бетонной защитой, т.е. «биологической защитой».
- **На этапе 4** демонтированы все остальные системы зоны контрольного доступа, заканчивая установками очистки сточных вод и вытяжной вентиляции. В настоящий момент продолжается очистка и дезактивация строительных конструкций. Если будут выполнены все требования для получения соответствующего разрешения, то зону контрольного доступа можно будет поднять, а демонтированную установку вывести из-под действия Закона о ядерной энергетике.



## Куда девать отходы?



## Ответственность за отходы

- **Директива ЕС о РАО 2011/70/EURATOM**

- окончательное захоронение отходов в глубоких геологических формациях
- окончательное захоронение отходов осуществляется в масштабе всей страны

Исключение: на региональном уровне в случае крайне ограниченных программ ядерной энергетики или отсутствия соответствующей площадки

- Вывоз РАО за пределы ЕС не рассматривается

- **Закон ФРГ о ядерной энергетике**

- Федеральное правительство (без перепоручения на уровень Земель) отвечает за поиск и строительство безопасных мест для окончательного захоронения РАО

### НСАО

61% ядерная отрасль

39% бюджетные отрасли

### ВАО

96,5% ядерная отрасль

3,5% бюджетные отрасли

## Проекты компании NUKEM Многоцелевой исследовательский реактор Карлсруэ (MZFR)

- Тяжёлая вода под давлением, 58 МВтэ
- Эксплуатация – 1965-1984 г.г.
- Начало вывода из эксплуатации – 1984 г.
- NUKEM: Демонтаж внутренних частей установок
- исследования и разработки, с фокусом на:
  - тепловой резке (плазма, автоген, дуга контакта,...)
  - обращении с высокоактивными элементами активной зоны



## Проекты компании NUKEM АЭС Каль

- Ядерный реактор с кипящей водой, 16 МВтэ, эксплуатация 1961-1985 г.г.
- Начало вывода из эксплуатации – 1988 г.
- NUKEM стал оператором вместо бывшего владельца RWE
- Интенсивные исследования и разработки:
  - Механическая резка (ленточная пила, проволочная пила, резка водой под давлением с абразивом, ...)
  - Измерения (по месту, непрерывное освобождение от регулирующего контроля сыпучих материалов, ...)
- Состояние: «зеленая площадка» с 2010 г.



## Применяемые технологии

### Технологии резки стальных элементов оборудования

Разрезание камеры высокого давления внутри реактора посредством водоструйной форсунки



- гидроабразивная резка
- фреза
- мелкое дробление (под водой)
- лобзик, вырубные ножницы, гидравлические ножницы, ленточная пила
- электро-эрозионная обработка

Разрезание контейнера ЖРО с помощью вырубных ножниц



Разрезание теплообменника фрезой

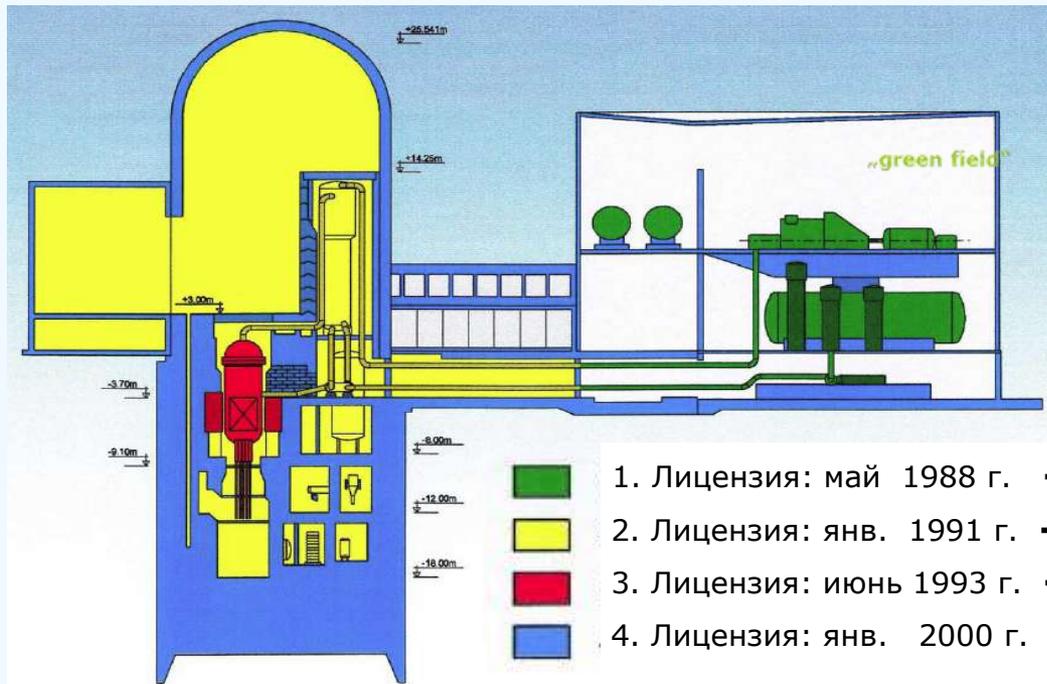
## Применяемые технологии Удаление объектов зоны особого контроля

Грунтовые исследования  
при помощи кернового  
бурения



вывод из-под регулирующего контроля остатков земли и  
фундамента

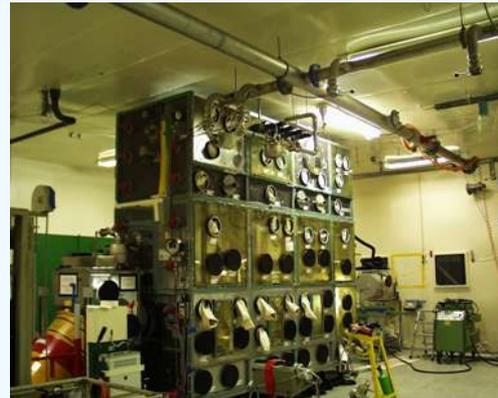
## Снятие с эксплуатации исследовательской АЭС (ВАК)



- Итого: четыре частичные лицензии
- Присутствие NUKEM Technologies, особенно во время реализации лицензий №3 и 4

## Установки ядерного топливного цикла и взаимодействие со внешними партнёрами

- NUKEM (или дочерние структуры) демонтировали установки ядерного топливного цикла до «зелёной площадки»:
- Установка NUKEM для обращения с ЖРО, топливом для высокотемпературных реакторов, высоко- и низкообогащённым ураном, торием, реактор для испытания материалов – более 35 лет в эксплуатации
- Установка фирмы RBU для топлива с низкообогащённым ураном (водяной реактор) – 13 000 т урана
- Топливная установка ALKEM MOX (переработано 8,5 т плутония)
- Все остатки (сталь, бетон, кирпич, грунт, кабели,...) перерабатываются; макс. освобождение от регулир. контроля, минимум РАО.



## Накопленный опыт

- Высший приоритет – безопасность (любая авария повлечет за собой остановку вывода из эксплуатации и длительную процедуру повторного запуска)
- Скорость
  - Именно на изолированных установках косвенные затраты (охрана, безопасность, радиационная защита, контроль состояния окружающей среды и т.п.) составляют значительную долю общих затрат
  - Привествуются технологии высокоскоростной резки
- Минимизация РАО: любая тонна материала, не подлежащая окончательному захоронению, экономит деньги
  - Раскройте и разъясните государственным органам и операторам суть безусловного и обусловленного освобождения от регулирующего контроля
  - Разъясните все вопросы и заключайте договора с потенциальными заказчиками на неядерные отходы и материалы, освобождённые от регулирующего контроля
  - Храните активированный материал отдельно от загрязнённого
  - Дезактивируйте как можно больше, до и после демонтажа

## Шахта Конрад бывший железный рудник



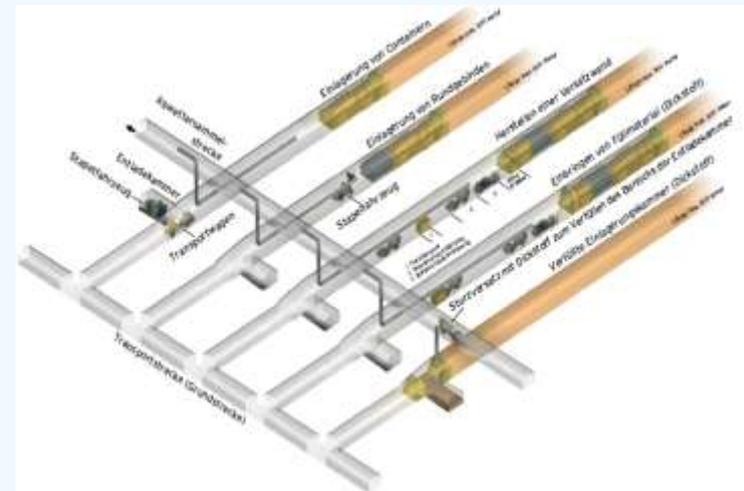
- Утверждена как хранилище для окончательного захоронения отходов (приблиз. 303 000 м<sup>3</sup>); после долгой задержки – не ранее 2021 г. (согласно заявлений государственных органов в СМИ); затраты до начала эксплуатации – приблизительно 2,2 млрд. евро

### До тех пор

- Отходы бюджетных пользователей на аккумулирующих установках в федеральных землях и на экспериментальных установках
- Отходы от установок в промежуточных хранилищах на площадках

## Окончательное удаление отходов

- Вывод из эксплуатации порождает значительные объёмы НСАО
- Прогноз для хранилища KONRAD
- Вопрос: Какие риски связаны с изготовлением конечных упаковок, готовых для приёмки, перед началом эксплуатации хранилища KONRAD?
  - Изменение параметров за это время (радиологическая классификация, химическая классификация, ...)
  - Изменение параметров перевозки
  - Влияние политических и судебных решений (дальнейшая задержка, вплоть до отмены проекта)



**Владельцы ядерных установок тщательно учитывают такие риски при оценке своих проектов по выводу из эксплуатации**