

# **Опыт Финляндии по выбору площадки, сооружению и эксплуатации объектов по захоронению РАО**

*Esko Tusa, Fortum Nuclear Services Ltd, Финляндия*

## **1. Введение**

В Финляндии находятся в эксплуатации 4 блока АЭС. Fortum Power and Heat Ltd эксплуатирует два блока ВВЭР по 488 МВт на площадке АЭС Loviisa. Teollisuuden Voima Oy (TVO) эксплуатирует два блока ВWR по 840 МВт на площадке Olkiluoto. В соответствии с Актом по Ядерной Энергии Fortum Power and Heat Ltd и TVO отвечают за РАО, которые они производят. Каждая компания по отдельности отвечает за все мероприятия, касающиеся обработки и окончательного захоронения низко- и средне-активных эксплуатационных отходов, и за снятие с эксплуатации АЭС. Posiva Oy является компанией, которой владеют совместно Fortum Power and Heat Ltd и TVO. Она отвечает за НИОКР и последующую реализацию окончательного захоронения ОЯТ.

Геологические условия Финляндии благоприятны в плане захоронения РАО в твердый Прекамбрианских скалах. В конце 70-х годов энергетические компании сочли, что наиболее приемлемым будет сооружение на каждой АЭС отдельных могильников для низко- и средне-активных эксплуатационных РАО. Могильник в Olkiluoto был введен в эксплуатацию в 1992 г. В Loviisa сооружение могильника было начато в 1993 г., а эксплуатация началась в апреле 1997 г. Данное выступление посвящено в основном окончательному захоронению низко- и средне-активных РАО на площадке АЭС Loviisa.

## **2. Выбор площадок для могильников НСАО в Финляндии**

В конце 70-х в Финляндии были начаты полевые исследования для обеих АЭС. В то же время финские компании совместно исследовали возможность использования одного общего для могильника НСАО или двух отдельных – по одному на площадке. Кроме того данное исследование также включало использование альтернативных площадок для размещения могильника.

При рассмотрении различных альтернативных вариантов принимались во внимание различные факторы. Предварительные исследования показали, что достаточная безопасность окончательного захоронения может быть достигнута в различных местах, включая обе площадки АЭС. Использование общего могильника позволило бы несколько уменьшить стоимость сооружения могильника. Однако, перевозка РАО добавила бы затрат, и транспорт РАО вне площадки АЭС также увеличивает риск. Одним из важных аспектов было одобрение местных жителей. Было оценено, что одобрение легче получить для могильника для РАО со своей АЭС. Представлялось, что получение одобрения на принятие РАО с другой АЭС или тем более перемещение РАО в обеих АЭС на какую-то другую площадку, потребует значительной большей работы и затрат.

Когда все аспекты были учтены, было решено, что сооружение могильников на обеих площадках АЭС будет наиболее приемлемым вариантом.

### **3. Эксплуатационные отходы**

Эксплуатационные НСАО кондиционируются и хранятся на площадке АЭС Loviisa. Отработанные ионообменные смолы и концентраты испарителя временно хранятся в баковом хозяйстве. Начиная с 1991 г. используется метод выделения цезия из концентрата испарителя (система NURES). Это привело к существенному снижению объемов РАО, которые нужно захоронить. Установка по утверждению, основанная на процессе цементации, в настоящее время сооружается и будет введена в эксплуатацию в конце 2006 г.

На конец 2005 г. на станции хранится 461 м<sup>3</sup> отработанных смол и 638 м<sup>3</sup> жидких концентратов испарителя с соответствующей активностью в 13204 ГБк и 335 ГБк.

Сухие эксплуатационные отходы от работы АЭС и ремонтов упаковываются в стальные бочки по 200 л. Прессуемые отходы компактируются на гидравлическом прессе со снижением объема от 3 до 4 раз. На конец 2005 г. всего на АЭС хранилось 8395 бочек отходов от обслуживания с общей активностью 531 ГБк.

По оценкам за 50 лет эксплуатации АЭС общее количество образовавшихся РАО составит 2 400 м<sup>3</sup> НАО и порядка 5 100 м<sup>3</sup> отвержденных САО.

### **4. Условия на площадке**

АЭС Loviisa находится на небольшом островке Hästholmen на южном побережье Финляндии в 80 км на восток от Хельсинки. Вмещающие скальные породы могильника – Прекамбрийские граниты Rapakivi, возраст которых порядка 1640 млн. лет. Геологические исследования были начаты в начале 80-х годов и включали бурение 15 скважин глубиной 150-240 м и необходимые геофизические, геохимические и механические исследования скальной породы. Площадка могильника, а в действительности - весь остров, был охарактеризован и смоделирован до глубины 200 м с использованием трехмерных способов.

Основными структурными особенностями являются слегка наклонные зоны разломов, находящихся в области могильника между 60 и 130 м под поверхностью земли. Грунтовые воды на острове имеют две зоны различной солености. Граница верхней пресной грунтовой воды и слабосоленой воды в основном соответствуют верхней зоне разлома. Было отмечено, что соленая грунтовая вода, происходящая из древнего Балтийского моря 4 – 10 тыс. лет назад, находится в очень стагнационной фазе. Могильник был сооружен в неповрежденной массе скалы между двумя основными зонами разломов в режиме застойной соленой грунтовой воды.

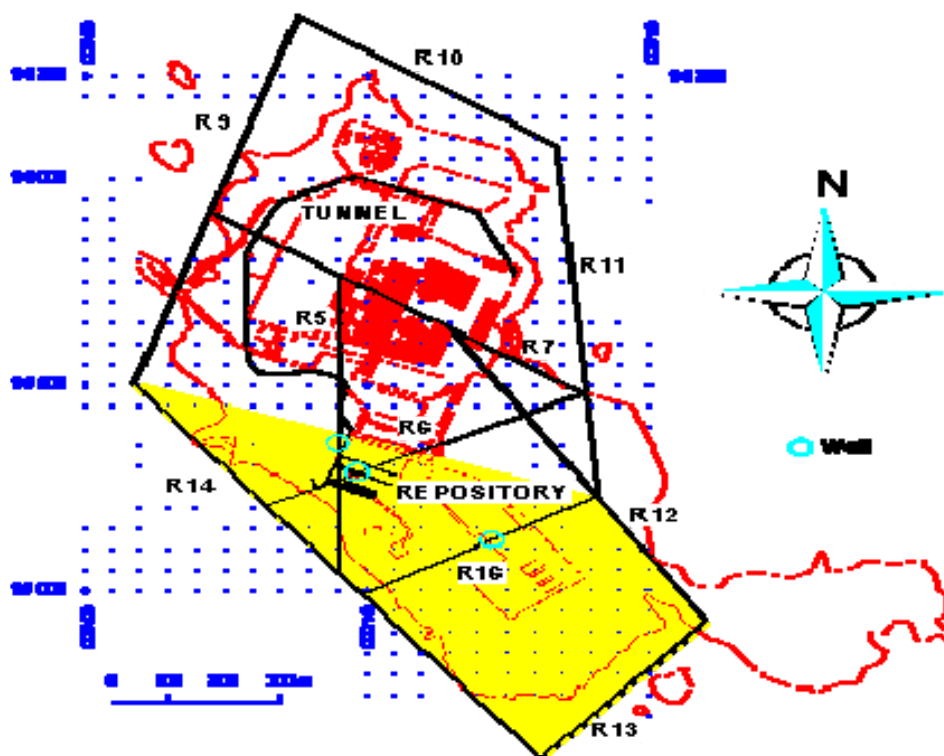
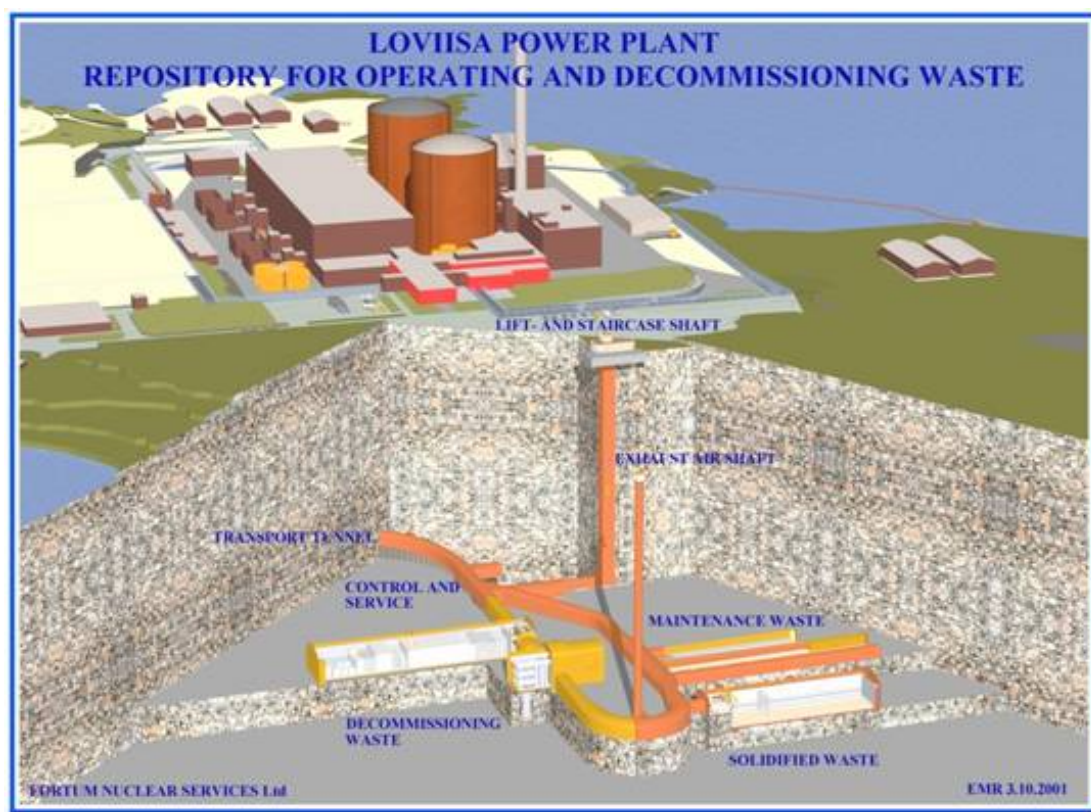


Рис. 1. Моделирование площадки могильника

## 5. Проектирование и лицензирование

Основой для проектирования являлось количество отходов, которые нужно захоронить в геологических и гидрологических условиях площадки. Предусмотрены меры по последующему использованию могильника для захоронения отходов от снятия с эксплуатации АЭС. Кроме того, при выборе места размещения учитывалось последующее использование площадки АЭС. Объект расположен на уровне -110 м, что является оптимальной глубиной в плане геологических структур и условий грунтовых вод. При общем проектировании и конструировании могильника использовались трехмерные методы моделирования 3D CAD.

Процесс лицензирования был начат уже в начале 80-х. Предварительная оценка приемлемости площадки Loviisa было представлено в 1982 г. Планы по выбору площадки, представленные в отчете по площадке, были рассмотрены и утверждены в 1983 г. как местными, так и национальными ведомствами. Предварительный анализ безопасности (PSAR) по могильнику был завершен в 1986 г. В 1988 г. финский центр по радиационной и ядерной безопасности (STUK) утвердил отчет по обоснованию безопасности и дал разрешение на сооружение могильника. Одновременно была получена лицензия на сооружение от местных ведомств. После пятилетней задержки по практическим соображениям строительные работы были начаты в начале 1993 г.



**Рис. 2. Могильник для низко- и средне-активных РАО на площадке АЭС Loviisa**

## 6. Сооружение

Строительство подземного объекта было разбито на три этапа. Первый этап выполнялся в 1993-1997 г.г. и включал проходку транспортного туннеля длиной порядка 1100 м, двух вертикальных шахт и необходимых помещений для хранения на глубине от -110 до -120 м, включая два туннеля для отходов от обслуживания и одной выработки для отвержденных РАО. Проходочные работы выполнялись обычными методами сверления и взрывов и составили общий объем порядка 110,000 м<sup>3</sup>.

Во время выполнения работы были проведены дополнительные изыскания для определения влияния строительных работ на окружающую среду для получения необходимых конкретных данных для заключительного отчета по анализу безопасности. Кроме того была установлена комплексная система контроля гидрогеологических и механических свойств скального грунта для длительного мониторинга. Заключительный отчет по анализу безопасности (FSAR) и отчет о моделировании грунтовых вод в дополнение к нему были направлены в ведомства по безопасности на рассмотрение и согласование в 1996 г.

На этапе 1 были построены только туннель обслуживания и системы, обслуживающие весь могильник. На втором этапе, который закончится в конце 2006 г., будут сооружены второй туннель обслуживания и выработка для отвержденных РАО. На третьем этапе, после 2020 г., когда АЭС будет остановлена, будет выполняться сооружение выработок для отходов, образующихся при снятии с эксплуатации.

## **7. Эксплуатация и закрытие**

Могильник находится в непосредственной близости от АЭС. РАО перевозятся только между установками по кондиционированию и хранению РАО и подземным могильником, находящимся поблизости. Бочки и контейнеры с РАО периодически перевозятся на грузовике. В Loviisa бочки и сухие отходы от обслуживания АЭС направляются по туннелю на погрузчике, а контейнеры с отвержденными РАО укладываются друг на друга дистанционно-управляемым мостовым краном.

По завершении эксплуатации могильник будет заполнен изолирующими породами и загерметизирован. Основной целью закрытия и герметизации является предотвращение повышенного потока грунтовой воды по системе туннелей в бункеры с РАО и предотвратить проникновение в могильник в будущем. Пустое пространство в выработках с РАО будет заполнено в основном щебенкой местного происхождения. Туннели для низко-активных РАО будут загерметизированы бетонными стенками без какого-либо заполнения пустот. Вертикальные шахты будут загерметизированы бетонными стенками с заполнением пустот материалами, полученными при проходке, и щебенкой. Транспортный туннель будет закрыт бетонными стенками без организованного заполнения пустот.

## **8. Безопасность окончательного захоронения**

В процессе эксплуатации могильника используются те же нормы по радиационной защите, что и на АЭС. Основная вентиляционная система достаточна для поддержания концентрации радона, выделяющегося из скальной породы, на достаточно низком уровне. Грунтовые воды, поступающие в скальные пустоты, не входят в контакт с бочками или контейнерами РАО. Вода по дренажной системе направляется в бассейн, из которого откачивается на поверхность. Все необходимые системы, т.е. дренаж, вентиляция и осушка воздуха, будут поддерживаться в работе до герметизации могильника.

Безопасность могильника основывается на принципе многобарьерности. Этими барьерами являются: твердая форма РАО, стальная бочка, бетонный контейнер, железобетонные конструкции, заполняющий материал, бетонная облицовка и, наконец, вмещающая скальная порода. Безопасность не нарушится даже если некоторые из барьеров будут повреждены. По этой причине после герметизации могильник контролировать не нужно.

Проведенный анализ безопасности показал, что даже при наиболее консервативных предположениях максимальная годовая доза облучения для наиболее облучаемого человека значительно ниже дозы от естественного фонового облучения.

## **9. Заключение**

Финские эксплуатирующие АЭС компании построили два могильника для низко- и средне-активных РАО: по одному могильнику на каждой площадке АЭС для

собственных отходов. Это было оценено, как наиболее подходящее решение для условий Финляндии.

По геологическим условиям в Финляндии предпочтительно захоронение РАО в Прекамбрийских скальных породах. На обеих площадках АЭС было обнаружено, что геологические условия подходят для подземного могильника. В связи с безопасностью могильники были размещены на глубине от -110 до -120 метров в наиболее подходящих геологических и гидрогеологических условиях.

Могильник в Olkiluoto был введен в эксплуатацию в 1992 г. Строительство могильника в Loviisa началось в 1993 г., и могильник был введен в эксплуатацию в апреле 1997 г. При этом использовались обычные методы проходки и взрывов.

Размещение могильника вблизи АЭС упрощает транспортировку РАО между установками по кондиционированию и могильником. Бочки и контейнеры периодически перевозятся в могильник на грузовике. Бочки и контейнеры с РАО периодически перевозятся на грузовике. В Loviisa бочки и сухие отходы от обслуживания АЭС направляются по туннелю на погрузчике, а контейнеры с отвержденными РАО укладываются друг на друга дистанционно-управляемым мостовым краном. В Olkiluoto мостовой кран используется для размещения упаковок РАО в шахты могильника. Обе энергетические компании имеют положительный практический опыт по эксплуатации могильников.

Для обеспечения длительной безопасности используется принцип многобарьерности. В соответствии с анализом безопасности все критерии безопасности выполняются.