

УДК 621.039

ПОДЗЕМНОЕ ЗАХОРОНЕНИЕ ТВЕРДЫХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Хроян В.В., Масюкевич А.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

Отсутствие долговременного решения обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) является важнейшей проблемой глобальной индустрии атомной энергетики. Рассматриваются две схемы: окончательное захоронение (открытый топливный цикл; ОЯТ считается отходами) и переработка (частично замкнутый топливный цикл; ОЯТ рассматривается как сырье). Существует также позиция отложенного решения. Определяющим является экономический фактор, и, к сожалению, переработка, являясь более перспективным решением, пока остается менее экономичной [1, 2].

В любом случае после изъятия из реактора ОЯТ помещается на 5-6 лет в специально сконструированные бассейны, где оно охлаждается поглощающей теплоту и радиацию водой (рисунок 1), и несколько десятков лет ОЯТ хранится во временных хранилищах на территории АЭС, где излучаемая радиация снижается до 1% от первоначального значения.

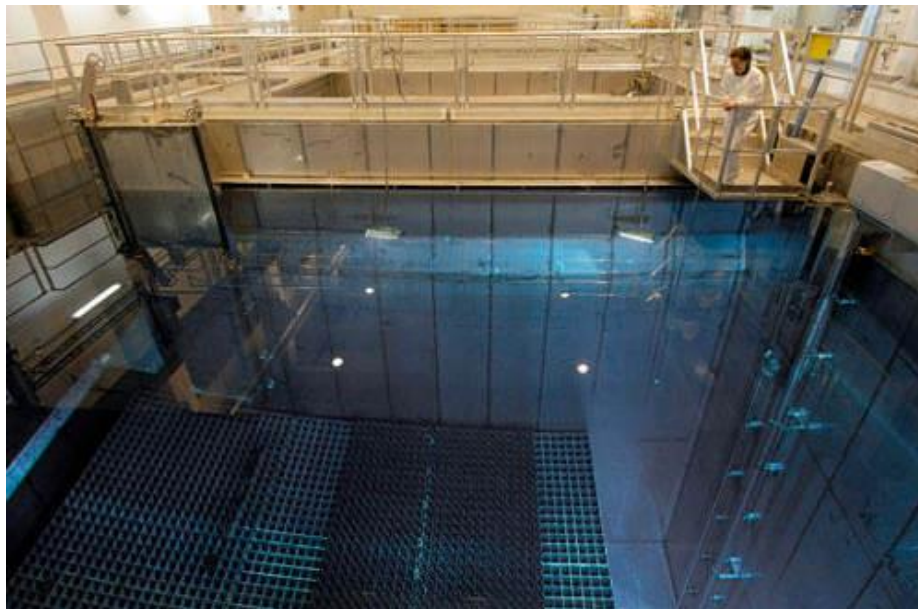


Рисунок 1 – Бассейн выдержки ОЯТ

Хотя годы назад практически каждая страна, эксплуатирующая несколько АЭС, имела планы по созданию постоянных хранилищ ОЯТ, на сегодняшний день ни одного постоянного геологического могильника для ОЯТ в мире не создано.

Пионерами таких разработок выступают Финляндия и Швеция, которые уже построили опытные хранилища постоянного типа, в которые поместили тестовые количества ОЯТ.

Финский могильник Онкало будет располагаться в скальной породе на глубине более 500 метров под дном Балтийского моря. Компанией Posiva в общей сложности должны быть проложены 7 км тоннелей, шахт и коридоров с удалением почти 150 тыс. м³ породы (рисунок 2).

Проект стоимостью \$4,5 млрд либо продемонстрирует технические, социальные и политические достижения в вопросе захоронения ядерных отходов, либо отпугнёт другие страны от подобных идей.



Рисунок 2 – Финский постоянный могильник Онкало

В настоящее время проработана система захоронения с обеспечением нескольких степеней защиты: топливные сборки будут помещаться в герметичный чугунный кожух для предотвращения смещения сборок, чугунный кожух будет помещен в медную капсулу для защиты от коррозии, а между медными капсулами будет залита бентонитовая глина для обеспечения стабильного положения капсул в породе. Через глину может посредством диффузии проникать вода, но процесс настолько медлителен, что на преодоление слоя воде понадобятся миллионы лет.

Коммерческое использование должно начаться в 2020 году, а последняя ёмкость будет размещена под землёй только через сотню лет. По исчерпанию свободного пространства тоннель будет заполнен камнями и глиной, а вход закроет бетонная плита.

В 2020 году тепловыделяющие сборки (ТВС) будут изъяты из бассейнов около реакторов на Олкилуото и Ловииса, где они к тому моменту проведут 40 лет после 4-летней работы на АЭС, доставят в расположенную в Онкало защищённую комнату с толщиной стен в 1 м. С помощью удалённо контролируемой роботизированной руки инженеры проведут соответствующие операции перед помещением отработанного материала в медные канистры, в том числе просушивание. Конструкция из 12 топливных сборок может выделять до 2 кВт тепла, поэтому данная часть работы закончится быстро. Медные ёмкости выбраны потому, что в этой местности медь присутствует в породах и практически не изменяется со временем, потому условия для материала подходящие. Каждый медный цилиндр массой 26 тонн будет "запечатан" при помощи создания сварного соединения с крышкой высокоэнергетическими электронами.

Затем резервуары пройдут проверку на предмет дефектов и утечек рентгеновским излучением, ультразвуковым анализом и электромагнитными полями. Если тесты не выявят проблем, отработанное топливо будет опущено через шахты непосредственно к месту захоронения (рисунок 3).



Рисунок 3 – Заполнение хранилища

В Онкало должны быть захоронены 12000 тонн урана помимо изотопов и циркониевых стержней. Однако спрос на услуги Posiva ещё не гарантирован: всё больше стран учатся перерабатывать отработанное топливо и повторно использовать отделяемые от других элементов уран и плутоний.

Практически аналогичную технологию выбрали для захоронения ОЯТ в Швеции. Здесь также планируют складировать ОЯТ в скальных породах, возраст которых составляет около 1,8 млрд. лет и которые расположены на глубине около 500 метров.

В настоящее время около города Остхеммар, в гранитных породах на уровне 450 метров под землей создана исследовательская лаборатория, где контейнера для ОЯТ проходят натурные испытания (рисунок 4).



Рисунок 4 – Шведская капсула для захоронения ОЯТ

При этом шведская технология захоронения предусматривает технические решения по извлечению в будущем глубоко замурованного под землей ОЯТ для переработки.

Литература

1. Проблемы захоронения радиоактивных отходов (<http://ludiwosleaeskotlov.1bbs.info/viewtopic.php?t=566>)
2. Проблема ядерных отходов: в подземный тоннель на 100 тыс. лет / Денис Борн (<http://www.3dnews.ru/583893>).