

10. ПРИМЕНЕНИЕ НЕПТУНИЯ

Нептуний-237 – нуклид, способный к цепному ядерному делению, поэтому теоретически его можно использовать как топливо быстрых реакторов или для создания ядерного оружия. Критическая масса ^{237}Np – 60 кг. Он обладает очень низким уровнем спонтанного деления, менее 0.05 делений/с-кг. Высокое значение критической массы (почти удвоенное по отношению к обогащенному ^{235}U) и высокая стоимость производства делают его в настоящее время непривлекательным для оружейного использования (следует, однако, помнить, что критическую массу всегда можно понизить имплозивной схемой атомной бомбы, а стоимость зависит от технологии, которую всегда можно улучшить). Определенное количество ^{237}Np обычно образуется из захвата нейтронов ^{235}U . Типичный энергетический реактор способен дать около 0.4 кг ^{237}Np на тонну горючего. Ядерные реакторы на быстрых нейтронах могут произвести значительно большее количество. Однако они же могут быть использованы для сжигания нептуния. Использование нептуния в виде топлива быстрых реакторов позволяет убить двух зайцев: получить энергию и избавиться от нуклида, опасного с экологической и

террористической точек зрения.

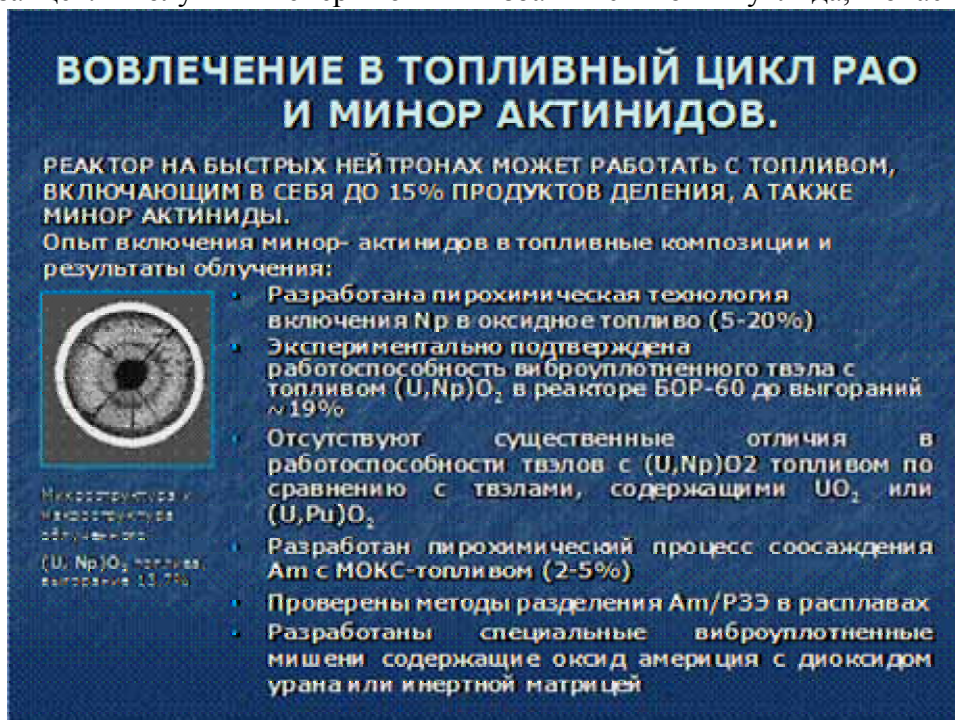


Рис. 27.

Технологические примеры того, что сделано Россией для использования нептуния и америция в качестве топлива быстрых реакторов.

Одним из компонентов облученного топлива, и соответственно радиоактивных отходов, являются минорактиниды – нептуний, америций, кюрий, которые

напрямую не используются как топливо. Сегодня топливо для быстрых реакторов позволяет принять и уничтожить эти компоненты в одном и том же реакторе. В результате заметно снижается радиотоксичность радиоактивных отходов, и через не очень большое количество времени после выгрузки топлива удаётся выйти на экологическое равновесие.

Младшие актиниды (в том числе – нептуний) деления могут выжигаться при подмешивании их к основному топливу или заключении в инертную матрицу в специальных сборках. На основе уже освоенных быстрых реакторов с натриевым теплоносителем при соблюдении условий безопасности возможно создание подкритических гибридных систем, включающих подкритический ядерный реактор и протонный ускоритель. Такие системы повышают эффективность выжигания младших актинидов до 40%. Расчеты показывают, что в реакторе тепловой мощностью 400 МВт выжигание минорных актинидов может составить до 125 кг (Np или Am) в год.

В России работоспособность виброуплотненных ТВЭЛов с топливной композицией (U, Np)O₂ (нептуния до 5%) экспериментально подтверждена в реакторе БОР-60 до выгорания ~20%. Послереакторные исследования продемонстрировали хорошую совместимость оболочки из сплава ЧС-68 с топливом (U, Np)O₂, структурную стабильность топлива и типичные для оксидного достехиометрического топлива распределения основных продуктов деления в облученном топливе. Показано отсутствие существенных отличий в работоспособности ТВЭЛов с (U,Np)O₂ топливом по сравнению с ТВЭЛами, содержащими UO₂ или (U,Pu)O₂ топливо.

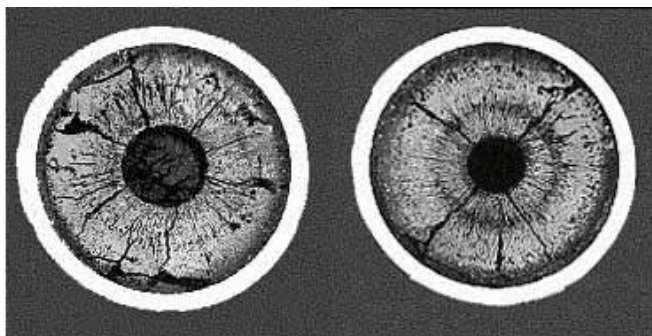
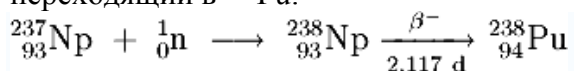


Рис. 28. Микроструктура облученного (U, Np)O₂ топлива, выгорание 13,7%.

²³⁷Np является основным источником получения ²³⁸Pu широко применяемого в космической технике и оборонной промышленности (как источник энергии на борту космического аппарата, для наземных навигационных буёв, в медицинском

оборудовании).

²³⁷Np захватывает нейтрон, образуя ²³⁸Np, бета-распадом с периодом полураспада 2 дня переходящий в ²³⁸Pu:



Изотоп нептуния ²³⁹Np является удобным и легко доступным индикатором при химических исследованиях.



Нептуний довольно часто используется в аппаратуре, предназначенной для детектирования нейтронов.

Рис. 29. Никелированная сфера нептуния, использовавшаяся в экспериментах по определению критической массы нептуния-237.