

УДК 546

Торий-232 – будущее топливо человечества?

Кулик В.В.

Научный руководитель – препод. КОРСАК Е.П.

Торий – природный слаборадиоактивный металл, открытый в 1828 г. шведским химиком Йенсом Берцелиусом, который назвал его в честь Тора, бога войны скандинавских народов. В небольших количествах он присутствует во многих горных породах и грунтах, где его содержание почти в три раза превышает содержание урана. В почве содержится приблизительно шесть частей тория на миллион.

Торий встречается во многих минералах, наиболее распространенным из которых является редкоземельный минерал – фосфат тория – монацит, в котором содержится до 12% оксида тория. Залежи этого минерала имеются в нескольких странах. Торий-232 распадается очень медленно (его период полураспада почти в три раза превышает возраст Земли), но другие изотопы тория содержатся в нем и в цепях распада урана. Большинство из них являются короткоживущими элементами, и поэтому они намного более радиоактивны, чем Th-232, хотя в массовом отношении их содержание ничтожно мало.

Торий, как и уран, может использоваться в качестве ядерного топлива. Сам по себе не являющийся делящимся материалом Th-232 поглощает медленные нейтроны и образует делящийся уран-233. Как и U-2238, торий-232 является топливным сырьем.

Топливо на основе тория также демонстрирует отличные физические и химические свойства, что позволяет улучшить технические данные реактора и могильника. В сравнении с диоксидом урана, преобладающим топливом для реактора, диоксид тория имеет более высокую температуру влияния, теплопроводность и более низкий коэффициент теплового расширения. Диоксид тория также показывает лучшую химическую стабильность и, в отличие от диоксида урана, не способен к дальнейшему окислению.

В Индии с целью повышения эффективности после запуска в блоки 1 и 2 АЭС в Какрапаре было загружено 500 кг ториевого топлива. Первый блок АЭС был первым в мире реактором, в котором для выравнивания мощности в активной зоне использовался не уран, а торий. Работая на ториевом топливе, 1-й блок вышел на полную мощность за 300 суток, а 2-й блок – за 100 суток. Ториевое топливо планируется использовать в блоках 1 и 2 АЭС в Кайга и в блоках 3 и 4 АЭС в Раджастане, которые находятся в стадии строительства.

Обладая запасами тория, в шесть раз превышающими запасы урана, Индия в качестве основной задачи промышленного производства энергии поставила задачу внедрения ториевого цикла, которая будет решаться в три этапа:

Отработанное топливо затем будет перерабатываться для восстановления делящихся материалов и их последующей переработки.

Ядерное деление производит радиоактивные продукты распада, который могут иметь период полураспада от нескольких дней до более 200 000 лет. В соответствии с некоторыми исследованиями токсикологии, ториевый цикл может полностью перерабатывать актиноидные отходы и лишь излучать отходы после продуктов деления, и только через несколько столетий отходы ториевого реактора станут менее токсичными, чем урановые руды, которые могут применяться для производства обедненного уранового топлива для легководного реактора аналогичной мощности.

В качестве еще одной возможности для третьего этапа рассматриваются подкритические комплексы на ускорителях (ADS). В комплексах с ускорителями высокоэнергетические нейтроны производятся за счет реакции расщепления ядер высокоэнергетическими протонами ускорителя, соударяющимися с тяжелыми ядрами мишени (свинец, свинец-висмут или другие элементы). Эти нейтроны можно направить в субкритический реактор, содержащий торий, где нейтроны производят U-233 и обеспечивают его деление. Существует возможность обеспечения самоподдерживающейся реакции деления,

которую можно направить на производство энергии. Использование тория вместо урана означает, что в самом реакторе ADS будет производиться меньшее число актиноидов.

Проблемы, связанные с решением этой задачи, сводятся к высокой стоимости производства топлива частично вследствие высокой радиоактивности U-233, который всегда содержит U-232; аналогичные проблемы касаются и переработки тория вследствие высокой радиоактивности Th-228, определенного риска распространения U-233 как оружейного материала, а также ряда технических проблем переработки (пока не решенных должным образом). Предстоит проделать большую работу, прежде чем ториевый цикл будет поставлен на коммерческую основу, но пока можно в больших количествах добывать уран, такая работа представляется маловероятной.

Тем не менее, ториевый цикл с его потенциалом по воспроизводству без использования реакторов на быстрых нейтронах сохранит свою перспективность еще в течение длительного времени. Этот цикл является определяющим фактором в развитии самодостаточной ядерной энергетики.

Литература

1. Торий как лекарство от ядерной чумы: [Электронный ресурс]. 2011. URL: <https://poisk.livejournal.com/641694.html>. (Дата обращения: 30.11.2018).
2. Торий — новая «батарея» в ядерной энергетике: [Электронный ресурс]. 2018. URL: <https://proagregat.com/energetika/toriy-novaya-batareyka-v-yadernoy-energetike/> (Дата обращения: 30.11.2018).
3. Торий // Химическая энциклопедия: в 5 т. / Редкол.: Зефилов Н. С. (гл. ред.). — М.: Советская энциклопедия, 1995. — Т. 4. — С. 613. — 20 000 экз. — ISBN 5—85270—039—