

Уважаемые коллеги!

Представители АО «ТВЭЛ», МСЗ, НИЦ КИ, ФЭИ, ВНИИНМ, МИФИ, ОКБМ, ОКБ «Гидропресс» кратко и содержательно изложили здесь богатую историю создания и совершенствования топлива реакторов на тепловых нейтронах, как для реакторов большой мощности, так и для транспортных реакторов и реакторов малой мощности. Для участников состоялась экскурсия на МСЗ, где были продемонстрированы участки изготовления топливных таблеток, твэлов и ТВС. Поскольку было множество участников, а время для выступлений весьма ограничено, то не всё удалось обсудить во время круглого стола и некоторые важные, но не совсем актуальные мысли, которые появились при обсуждении и во время экскурсии, и которые можно было бы обсудить в дальнейшем, изложены ниже.

По сути, ядерное топливо, заключенное в твэлы, собранное в ТВС, является той субстанцией высочайшей упорядоченности, которая досталась нам как результат функционирования и взрывов нейтронных звезд, и которая будучи организованной в виде определенной геометрической конфигурации в ядерном реакторе не только служит началом истории, но и определяет будущее ядерной энергетики как своим нуклидным составом после облучения, так и теми опасностями, которые связаны с хранением, перевозкой, переработкой облученного ядерного топлива. То есть в будущем история существования ТВС, запакованная в ее составе и структуре это примерно тоже самое, но в принципиально большем объеме, что и многовековые деревья со своими годовыми кольцами (то есть не только ресурс, но и информация о прошлых эпохах) и различным содержанием всего лишь изотопов углерода.

Обсуждая то, как совершенствовалось ядерное топливо (металл, оксид, карбид, нитрид, силицид, дисперсионное топливо...), как менялось обогащение урана, как совершенствовались оболочки твэлов и конструкция ТВС можно отследить то, как вскрывалось множество проблем, как они решались и с какой целью велось развитие и совершенствование всего этого, как проявлялись различного рода физические и химические эффекты, которые невозможно было заранее предвидеть, как возникали опасения и как они преодолевались. Необходимо еще многое продумать и технологически проработать прежде, чем продолжится история того, что заключено в облученной ТВС, но для чего придется определиться (договориться?) о том, чем для человечества является уран 235 (только источником энергии или в основном источником «свободных» нейтронов?) и каковы его допустимые темпы расходования, что такое уран 238 и другие актиниды и продукты деления, которые появились внутри ТВС при облучении (например, право собственности на них и связанные с этим понятия ответственности и опасности на протяжении всего их жизненного цикла, т.е. тысяч лет). Без всего этого и многого другого, пока еще не проявленного, не понятна судьба облученных ТВС и новых нуклидов внутри них, жизненный цикл которых принципиально больше, чем жизненный цикл блоков АЭС и тех

«стейкхолдеров» (заинтересованных лиц / рыночных субъектов), которые сейчас принимают решения относительно: глубины выгорания; обогащения; стоимостей изготовления, хранения и переработки; норм, требований, правил, которые должны выполняться при изготовлении, облучении и обращении с облученными ТВС.

В отличие от краткосрочных планов строительства АЭС, все долговременные планы, стратегии и договоренности, по сути, строятся не вокруг реакторов, а вокруг ядерного топлива, а оно заключено в ТВС. От того, какие цели сейчас преследуются при конструировании ТВС и как сейчас они изготавливаются, согласно современным представлениям об эффективности, безопасности, экономичности, экологичности, в будущем зависит очень многое:

- какой нейтронный потенциал мы получим из ОЯТ;
- какие продукты деления и в каком виде будут востребованы в народном хозяйстве, будут ли они основой роста богатства общества или они останутся всего лишь генераторами угроз, опасностей, отрицательного восприятия и неприятия ядерных технологий;
- можно ли будет рециклировать довольно дорогие и ограниченные по запасам конструкционные материалы.

То есть ОЯТ это ТВС, но только облученные, которые мы сейчас в свежем виде можем видеть, наблюдать то, как они изготавливаются и у нас есть убежденность в том, что мы сможем очень многое в них изменить и усовершенствовать, но которые после облучения в реакторах в дальнейшем мы уже не сможем ни потрогать /подвергнуть ручному манипулированию и ни что-либо в них изменить. Все они, будучи разные с разной историей облучения (различного термомеханического, и нейтронного воздействия, различных физических и химических преобразований), далее должны стать предметом научных исследований на предмет как более глубокого понимания того, что происходит в реакторах (в нейтронном поле, которое мы научились создавать в результате всего лишь в виде довольно простой и легко контролируемой пространственной упорядоченности твэлов и ТВС, в отличие от огромных масштабов гравитационной упорядоченности необходимой для термоядерной реакции на Солнце, и сложнейшей магнитной упорядоченности создаваемых термоядерных реакторов...) в плане изменения нуклидного состава топлива, физического и химического состояния топлив и конструкционных материалов, которые возникают в новом для нас технологическом нейтронном процессе.

Без исследования облученных ТВС (и эти возможности необходимо предусмотреть заранее) нам не удастся создать технологии, которые позволят нам эффективно использовать весь добываемый уран и торий с помощью замыкания ЯТЦ по всем актинидам и трансмутировать в необходимой степени ненужные нуклиды в нужные продукты в рамках создания нуклидной экономики, в которой богатство человечества будет прирастать с помощью производства нужных продуктов деления и актинидов для различных народнохозяйственных применений.

Рассмотрение жизненного цикла ядерного топлива (чрезвычайно длительного и, соответственно, непредсказуемого и рискованного с точки зрения современной рыночной/капиталистической экономики) на горизонте исторических времен вполне может быть осмысленным и прогнозируемым и мы можем уже заранее предвидеть, как будет происходить реинкарнация ядерного топлива в виде различных инновационных твэлов и ТВС вплоть до использования растворов, расплавов, газообразных и плазменных состояний и процессов. Но и далее, как и в прошлом, различного рода неудачи могут служить своего рода стимулами, благодаря которым и развиваются сложные системы, способные к адекватной адаптации к различным возмущениям и непониманиям в непрогнозируемых заранее условиях, как экономических, так и политических и правовых. И в этом плане стоит отметить то, что сколько бы мы не пытались усовершенствовать конструкции ТВС, как бы мы не уточняли ее геометрические и физические параметры, после облучения они все будут различны как по составу, так и по геометрии (силовые, нейтронные, температурные воздействия всегда индивидуальны).

И далее наша приверженность следованию экономическим целям, различного рода заранее совершенствуемым и развиваемым нормам, правилам переводит нас от создания твэлов и ТВС для отдельных реакторов (жизненный цикл которых менее сотни лет) к рассмотрению их судьбы в рамках системы (жизненный цикл не менее нескольких столетий, особенно с учетом мест окончательной изоляции опасных нуклидов от среды обитания). А это в свою очередь принуждает думать не только о том, как создать систему ЯЭ с соответствующим твэлами, ТВС, реакторами, но и о том, что наши потомки будут делать со всем этим, когда необходимость в ядерной энергии отпадет.

Таким образом, нам очень важно знать историю создания твэлов, ТВС, особенно в плане рассмотрения всего свершенного в области ядерной энергетики с точки зрения науки, то есть рассмотрения всего этого как эксперимента. И стратегия дальнейшего развития ядерной энергетики для науки это всего лишь планирование эксперимента с заранее неочевидными результатами и последствиями. И вся история и будущее ядерной энергетики с точки зрения создания твэлов и ТВС это - упорядочение расположения тяжелых ядер в нейтронном поле, которое позволит весь добытый уран и торий перевести в продукты деления, позволяя минимизировать нахождение продуктов деления и максимизировать нахождение тяжелых нуклидов в нейтронном поле с помощью своевременной переработки ОЯТ, не затрудняемой чрезмерными конструктивными запасами твэлов и ТВС, и рецикла тяжелых нуклидов через заключение их во все более совершенные конструкции твэлов и ТВС, которые, естественно, будут во многом значительно отличаться от существующих как по конструкции, так и по требованиям к ним выставляемым, и определенно будут изготавливаться дистанционно... и у наших потомков уже не будет возможности лицезреть их воочию и трогать их руками, как это смогли мы сделать во время посещения цехов МСЗ.