

## ПАМЯТНАЯ ЗАПИСКА

участникам Круглого стола Ядерного Общества России "АЭС с реакторами на быстрых нейтронах (ретроспектива и перспектива)".

О.Сараев, Ядерное Общество России,  
25.06.2021

г. Обнинск,

### **О БЕЗОТЛАГАТЕЛЬНОЙ НЕОБХОДИМОСТИ ЗАМЫКАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА.**

Очевидная необходимость замыкания ядерного топливного цикла (ЯТЦ) для развития атомной энергетики (АЭ) в России и обеспечения благоприятных условий коммерческого распространения технологий и услуг замкнутого топливного цикла на зарубежном рынке до сих пор не привели к разработке соответствующей государственной (или отраслевой) программы. Замыкание ЯТЦ фактически не стало действенной основой дальнейшего развития АЭ России. Основной причиной этого является субъективный подход к выбору технологий замыкания ЯТЦ и времени поэтапного вовлечения в замкнутый ЯТЦ существующих и вновь вводимых в эксплуатацию мощностей. В топливной части ведомства сохраняется уверенность в отсутствии актуальности и срочности замыкания ЯТЦ из-за дешевизны и доступности природного урана на длительную перспективу. Подтверждением этого является сдерживание в продвижении проекта энергоблока БН-1200 и создании производства МОКС-топлива для серии БН этого типа. Это, по-видимому, будет продолжаться, так как не уделяется должного внимания положениям Указа Президента РФ от 13.10.2018 №585 "Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации **на период до 2025 года и дальнейшую перспективу**" (далее - "Основы"), который определяет:

- одной из основных проблем в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности является **"накопление отработавшего ядерного топлива"** (раздел II, пункт 8, подпункт б);
- одно из основных направлений реализации задач "Основ" **"формирование и совершенствование системы обращения с отработавшим ядерным топливом"** (раздел III, пункт 13, подпункт з);

- необходимость введения показателя эффективности мер по реализации "Основ" по снижению накопления отработанного ядерного топлива как **"соотношение переработанного отработавшего ядерного топлива и его общего объема"** (раздел III, пункт 16, подпункт в).

Кроме того, "Основы" определяют важной государственной задачей **"развитие внешнеэкономической деятельности Российской Федерации в области использования атомной энергии, в том числе объема обязательств по представлению иностранным государствам услуг в этой области, включая переработку отработанного ядерного топлива"** (раздел II, пункт 9, подпункт е).

Очевидно, что "отложенные проблемы" существующего топливного цикла АЭ, связанные с накоплением и обращением с ОЯТ, порождают многие неблагоприятные для Государства ядерные и радиационно опасные следствия, приведенные в различных частях содержания "Основ". Таким образом, сдерживание накопления ОЯТ и достижение его устойчивого снижения **"в короткий период до 2025 года"** стало оперативной государственной задачей, исключаящей при её решении несоответствующие по времени и эффективности новые технологические способы и средства.

Давно стало очевидным, что выполнить эту задачу наиболее эффективно и в максимально короткое время возможно только в замкнутом ЯТЦ, позволяющем использовать делящиеся продукты переработки ОЯТ в качестве смешанного уран-плутониевого топлива (МОКС) **в реакторах-размножителях на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем и в части реакторов на тепловых нейтронах.** Кроме того, демонстрация замыкания ЯТЦ создает привлекательные коммерческие предпосылки **для представления иностранным государствам услуг не только в сооружении АЭС по российским проектам, но и в виде коммерческого вовлечения их топливного цикла в замкнутую топливную инфраструктуру АЭ России.**

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СДЕРЖИВАНИЯ НАКОПЛЕНИЯ ОЯТ НАЧАЛОМ ЗАМЫКАНИЯ ЯТЦ.**

Для сдерживания накопления и последующего снижения массы ОЯТ путем его переработки необходимо использование выделенного из него наработанного плутония для изготовления смешанного уран-плутониевого МОКС-топлива для реакторов типа БН-800 (1200). Переработка ОЯТ без использования выделенного плутония в качестве товарной продукции

бессмысленна, так как приведет к неизбежному росту расходов на обращение уже с продуктами переработки, не имеющими товарной востребованности.

Инкубационный период замыкания топливного цикла, заключающийся в использовании плутония, уже начался с пуском в эксплуатацию реактора БН-800. Стартовая загрузка МОКС-топливом составила около 20% общей массы топлива. С 2022 года будет осуществляться эксплуатационная подпитка МОКС-топливом реактора массой плутония около 2 т/год, для изготовления которого ежегодно потребуется переработать около 200 ттм ОЯТ реакторов ВВЭР-1000. При текущем среднегодовом пополнении хранилищ ОЯТ от российских реакторов ВВЭР-1000 в массе 130-150 ттм уже к 2025 году будет продемонстрировано уверенное снижение темпов накопления ОЯТ не менее, чем на 200 ттм/год. Опытная разовая переработка ОЯТ ВВЭР-1000 уже успешно продемонстрирована в массе 150 ттм. Существующая производственная база для выполнения задачи существенного сдерживания накопления ОЯТ позволяет уложиться в сроки, указанные в "Основах":

- завод РТ-1 ФГУП "ПО "Маяк" способен увеличить текущую производительность по переработке ОЯТ более, чем в 2 раза, опытно-демонстрационный центр (ОДЦ) ФГУП "ГХК" с началом 20-х годов будет способен дополнительно перерабатывать ОЯТ в массе около 250 ттм в год;
- завод по производству МОКС-топлива на ФГУП "ГХК" построен и пущен с производительностью, обеспечивающей эксплуатационные потребности реактора БН-800;
- реактор на быстрых нейтронах БН-800 работает в штатном режиме; в 2022 году в нем будет сформирована проектная активная зона полностью на МОКС-топливе.

Так как масса перерабатываемого ОЯТ на заводе РТ-1 увеличится не менее, чем в два раза и общая масса переработки приблизится к проектной, реально ожидать снижение себестоимости переработки не менее, чем в два раза. Реально ожидать, что себестоимость изготовления МОКС-топлива на заводе на ФГУП "ГХК" в устоявшемся ритме производства будет близкой к проектной, то есть не дороже топлива на основе высокообогащенной двуокиси урана. Кроме того, **учет мультипликативных следствий замены урана-235 на плутоний** усиливает уверенность в приемлемой экономической эффективности даже на начальном этапе замыкания ЯТЦ.

К начальному этапу замыкания ядерного топливного цикла относится и последующее использование (в качестве 2-го цикла) плутония из ОЯТ БН-800, БН-1200 в виде МОКС-топлива в реакторах типа ВВЭР-ТОИ, которые конструктивно и физически приспособлены для его применения. Это важно, так как увеличит коэффициент воспроизводства плутония в 2-х компонентной системе АЭ с замкнутым ЯТЦ и его экономические показатели.

## **ЗАДАЧИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА ЗАМЫКАНИЯ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА**

**Необходимо разработать отраслевую незыблемую Программу мероприятий по снижению темпов накопления ОЯТ АЭС на период до 2025 года и на дальнейшую перспективу с обеспечением роста соотношения переработанного ОЯТ к его общей массе в дальнейшем, включающую в себя, как минимум, следующее:**

1. Безотлагательное утверждение решения о начале работ по сооружению головного энергоблока с реактором БН-1200 с натриевым теплоносителем со сроком пуска его в эксплуатацию не позднее 2028 года.

2. Принятие срочных организационно-технических мер по выбору площадки для создания до 2025 года производства МОКС-топлива для серии реакторов БН-1200 и ВВЭР-ТОИ (с возможностью производства РЕМИКС-топлива по мере его технико-экономической оправданности).

3. Разработку отраслевой программы НИОКР для расчетно-экспериментального обоснования ТВЭЛ и ТВС для реактора БН-1200М с аксиальной прослойкой и без аксиальной прослойки в топливной композиции.

4. Так как использование воспроизведенного в БН-800 плутония только для собственных нужд снижает темпы переработки ОЯТ тепловых реакторов и эффективность топливного цикла в 2-х компонентной системе АЭ, необходимо разработать программу расчетно-экспериментального применения МОКС-топлива в реакторах типа ВВЭР-ТОИ (ВВЭР-1000, 1200).

5. Безотлагательное создание единой отраслевой проектно-конструкторской организации для комплексной механизации и автоматизации технологий обращения с ОЯТ и РАО, рециклинга делящихся ядерных материалов и автоматической фиксации их масс на всех переделах замкнутого ЯТЦ.

6. Разработать и узаконить Указом Президента РФ Концепцию обращения с плутонием по всем направлениям и целям его безопасного использования как для государственных нужд, так и для представления услуг замкнутого ЯТЦ иностранным заказчикам. Указать в концепции на запрет передачи проектов реакторов на быстрых нейтронах и их сооружение в странах, не обладающих технологиями производства ядерного оружия.

7. Сформулировать и обсудить проект предложений от имени государства потенциальным зарубежным партнерам по представлению услуг и условий инфраструктуры замкнутого ЯТЦ АЭ РФ в топливообеспечении АЭС, как построенных по российским проектам, так и в составе контрактов на вновь сооружаемые.

8. На базе практически полученных результатов не позднее 2025 года выполнить технико-экономические расчеты параметров начального этапа замыкания ЯТЦ и отработать методики ценообразования себестоимости электроэнергии, полученной в условиях замкнутого топливного цикла на МОКС-топливе для учета при принятии решения о дальнейшем увеличении мощностей инфраструктуры ЗТЦ.

9. Формирование замкнутого ЯТЦ невозможно без вовлечения в работу многих предприятий и НИИ Росатома. Поэтому организация процесса оперативного выбора и обоснования технологий, технических средств для их реализации, планирования работ, координации их исполнения и эффективного контроля должны осуществляться единым отраслевым органом, который следует создать уже в ближайшее время.

10. Перечисленные задачи включить в проект Плана-графика реализации Указа Президента РФ "Об утверждении Основ государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности Российской Федерации **на период до 2025 года** и дальнейшую перспективу" от 13.10.2018 №585. (см. примечание).

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СНИЖЕНИЯ НАКОПЛЕННОГО ОЯТ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ РЕАТОРОВ-РАЗМНОЖИТЕЛЕЙ**

1. Демонстрацию начала снижения накопленного ОЯТ обеспечит только увеличение суммарных мощностей реакторов-размножителей на быстрых нейтронах. Если в 2028 году будет пущен в эксплуатацию первый энергоблок с реактором БН-1200, то суммарная ежегодная потребность в плутонии для БН-800 и БН-1200 составит около 4,2-х тонн, которые можно получить от переработки около 400 т ОЯТ реакторов типа ВВЭР, что в

период до 2030-2033 гг будет существенно превышать поступления ОЯТ ВВЭР-1000 в хранилища.

2. Последующий в 30-х годах ввод в эксплуатацию энергоблоков с реакторами БН-1200 позволит в базовом варианте "Стратегии развития ядерной энергетики России..." (Стратегия-2018) уверенно решить проблему снижения масс ОЯТ в замкнутом ЯТЦ 2-х компонентной АЭ с реакторами-размножителями и реакторами на тепловых нейтронах на смешанном уран-плутониевом топливе с комбинированным использованием плутония как полученного за счет его воспроизводства, так и изымаемого со склада (в зависимости от темпов ввода новых реакторных мощностей).

3. Альтернативных технологических решений выполнить Указ Президента от 13.10.2018 №585 быстро и эффективно не существует. Плутоний для реактора типа БРЕСТ потребуются лишь для стартовой загрузки и его лучше взять со склада из массы ранее наработанного. Получившая широкое распространение информация о значимой способности свинцового реактора решать задачи замыкания ЯТЦ в АЭ в целом является ложной.

Спасибо за внимание.

Примечание:

В Указе Президента РФ от 13.10.2018 №585 "Об утверждении Основ государственной политики..." **на период до 2025 года** и дальнейшую перспективу" тема обращения с ОЯТ упоминается 6 раз, в то время, как в Плане мероприятий Правительства РФ во исполнение Указа, она не упоминается ни одним словом. Будет дерзким по отношению к Указу Президента РФ, если тема обращения с ОЯТ не найдет себе места в Плане-графике мероприятий, разработанном в соответствии с Распоряжением по ГК "Росатом" от 07.03.2019 №1-1/160-р (пункт 4).