СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ УСТАНОВОК «СИНТЕЗ-ДЕЛЕНИЕ» И ИХ ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА [[1]](#footnote-1)\*)

2Кутеев Б.В., 1Шленский М.Н.

1НИЯУ «МИФИ», [shlenskiy\_mn@nrcki.ru](mailto:shlenskiy_mn@nrcki.ru)  
2НИЦ «Курчатовский Институт», [Kuteev\_BV@nrcki.ru](mailto:Kuteev_BV@nrcki.ru)

Замыкание ядерного топливного цикла (ЯТЦ) – наиболее приоритетная задача для ядерной энергетики, решение которой позволит обеспечить использование ядерной энергии на протяжении длительного времени (более 1000 лет), а также повысить безопасность и экологические характеристики ядерных технологий. Данная задача включает в себя решение проблемы обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) и радиоактивными отходами (РАО). Минорные актиниды (МА) (Np, Am, Cm), входящие в состав ОЯТ, обладают высокой радиотоксичностью и относительно большим периодом полураспада, обеспечивают основной вклад в долгосрочную радиотоксичность РАО в случае их захоронения. Активность продуктов деления (ПД) спадает значительно быстрее: примерно за 300 лет достигается их радиационная эквивалентность по отношению урановой руде. Таким образом, представляется целесообразным производить разделение и трансмутацию (Partitioning & Transmutation – P&T) МА путём их перевода в продукты деления. Однако для деления МА необходим жёсткий спектр нейтронов, так как сечения деления большинства МА обладают пороговым характером. Одним из перспективных вариантов для решения такой задачи является применение термоядерного реактора в качестве источника высокоэнергетических нейтронов с бланкетом, содержащим топливо с МА. В данной работе рассмотрено применение таких гибридных реакторов для задачи трансмутации МА.

Структурно работа разделена на решение двух взаимосвязанных задач. В рамах первой задачи исследуются процессы изменения состава топлива в бланкете гибридного реактора «синтез-деление», загруженного металлическим топливом на основе сплава циркония с минорными актинидами. Рассматриваются три реактора, предусмотренных дорожной картой проекта НИЦ «Курчатовский институт» по созданию таких реакторов: демонстрационный, опытно-промышленный и промышленный реакторы. Также анализируется применение различных теплоносителей для трансмутационных зон бланкета данных реакторов: рассмотрены случаи с CO2 и пароводяной смесью (базовый вариант).

Отмечается, что при достаточно высоких КИУМ реакторов (более 0.8) происходит убыль массы изотопов Np и Am и накопление изотопов U, Pu и Cm, что в дальнейшем определит равновесный состав топлива, который должен сформироваться после некоторого количества кампаний топлива. При этом суммарно промышленная установка способна переводить в продукты деления более 1 т актинидов в год, то есть, несмотря на наработку, общее количество актинидов в топливе убывает. Вариант гибридного реактора с теплоносителем CO2, несмотря на более жёсткий спектр нейтронов в трансмутационной зоне и соответствующие потенциальные выгоды от этого, не выявил преимуществ по сравнению с вариантом с водным теплоносителем для задачи трансмутации МА, а также потребовал уменьшения общей загрузки топлива для обеспечения подкритичности реактора.

Вторая часть работы представляет собой системный анализ развития ядерной энергетики России с учётом включения в неё названных гибридных реакторов. Для проведения анализа используется модель УСМ-1, разработанная в ИТЦП «ПРОРЫВ». Рассматриваются оптимистичный и умеренный сценарии развития, отличающиеся суммарной установленной мощностью ядерной энергетики, оцениваются объёмы минорных актинидов, которые будут произведены ядерной энергетикой в каждом случае, а также возможности предприятий по переработке и изготовлению топлива.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVII/Mu/en/BD-Shlenskiy_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)