СОДЕРЖАНИЕ

[1 Анализ текущих данных по кампании №4 на АЭС Бушер-1 6](#_Toc497735398)

[1.1 Параметры работы реактора и активность теплоносителя в 1-ом контуре 6](#_Toc497735399)

[1.2 Состояние топлива до 21 сентября 2017 г. 8](#_Toc497735400)

[1.3 Текущее состояние топлива в активной зоне 8](#_Toc497735401)

[1.4 Выводы и рекомендации 9](#_Toc497735402)

[Список использованных источников 10](#_Toc497735403)

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЭС – Атомная электрическая станция

ВВЭР – Водо-водяной энергетический реактор

ИРГ – Инертные радиоактивные газы

КГО – Контроль герметичности оболочек (твэлов)

ППР – Планово-предупредительный ремонт

РУ – Реакторная установка

ТВС – Тепловыделяющая сборка

СОДС – Система обнаружения дефектных сборок

# Анализ текущих данных по кампании №4 на АЭС Бушер-1

## Параметры работы реактора и активность теплоносителя в 1-ом контуре

Основные параметры работы энергоблока №1, активности и соотношения активностей реперных радионуклидов в теплоносителе в ходе 4-ой кампании за период с 1 апреля по 15 октября 2017 г. показаны на рисунках 1-7.



Рисунок 1 – Параметры работы блока и активности (Ки/кг) радионуклидов йода во время кампании №4 на АЭС Бушер-1

Соотношение приведенных активностей

![](data:None;base64,)

Рисунок 2 – Соотношение приведенных активностей радионуклидов йода при работе реактора в стационарных условиях во время кампании №4 на АЭС Бушер-1; вертикальная ось справа – тепловая мощность РУ (МВт)



Рисунок 3 – Активности (Ки/кг) радионуклидов цезия в теплоносителе первого контура блока №1 в ходе 4-ой кампании



Рисунок 4 – Активности (Ки/кг) газовых продуктов деления в теплоносителе первого контура блока №1 во время 4-ой кампании



Рисунок 5 – Активности (Ки/кг) активационных и коррозионных продуктов в теплоносителе первого контура во время 4-ой кампании на АЭС Бушер-1



Рисунок 6 – Отношение активностей ИРГ во время кампании №4 на АЭС Бушер-1

Отношения активностей Xe/I

![](data:None;base64,)

Рисунок 7 – Отношения активностей Xe/I во время кампании №4 на АЭС Бушер-1; вертикальная ось справа – тепловая мощность РУ (МВт)

## Состояние топлива до 21 сентября 2017 г.

Данные по кампании №4 на АЭС Бушер-1 за период с 1 апреля по 31 июля 2017 г. были проанализированы в технической справке [1]. После этого были дополнительно проанализированы данные за период с 31 июля по 21 сентября 2017 г.

Были сделаны следующие выводы.

По состоянию на 31 июля 2017 г. в активной зоне АЭС Бушер-1 имелся по меньшей мере 1 негерметичный твэл. Всего в активной зоне было не больше 2 негерметичных твэлов. Признаки выноса топливной композиции из негерметичного твэла в теплоноситель отсутствовали.

## Текущее состояние топлива в активной зоне

Ниже рассмотрены данные по кампании №4 на АЭС Бушер-1 за период с 21 сентября по 15 октября 2017 г.

В течение анализируемого периода дважды значимо снижалась мощность РУ: 25-26 сентября – примерно на 70%, и 5-6 октября – более чем на 20%. В остальное время реактор работал на номинальной мощности. Снижение мощности сопровождалось спайк-эффектами по 131I и по ИРГ. На этих интервалах также временно повышались значения отношений приведенных активностей 131I/134I, отношения активностей 88mKr/135Xe и отношений активностей ксенонов к йодам. По возвращении РУ в номинальный режим после каждого маневра активности и отношения активностей реперных радионуклидов выходили на предшествующий уровень. Это свидетельствует о том, что радиационное состояние энергоблока оставалось стабильным, и новых разгерметизаций не произошло.

В течение всей кампании активности долгоживущих цезиев 134Cs и 137Cs находились на низком фоновом уровне (не выше ~ 2⋅10–8 Ки/кг). Активности 134Cs и 137Cs значимо не повышались ни в момент разгерметизации в мае 2017 г., ни при снижениях мощности РУ в сентябре-октябре 2017 г. Это может свидетельствовать о невысоком выгорании топлива в негерметичном твэле (твэлах). При небольших выгораниях цезий не успевает накопиться в топливе в достаточном количестве. Поэтому при выбросах активности во время спайк-эффектов не превышается даже низкий фоновый уровень. На этом основании можно полагать, что негерметичный твэл (твэлы) находится в ТВС 1-го или 2-го года эксплуатации.

Мониторинг загрязненности активной зоны по методике [2,3] показал, что выноса топливной композиции в первый контур не было в течение всей кампании.

## Выводы и рекомендации

По состоянию на 15 октября 2017 г. в активной зоне АЭС Бушер-1 с наибольшей вероятностью имеется 1 негерметичный твэл. Оценка сверху на количество негерметичных твэлов – 2 шт. По предварительным оценкам негерметичный твэл (твэлы) находится в ТВС 1-го или 2-го года эксплуатации. Следует отметить, что в одной ТВС может находиться более одного негерметичного твэла.

Признаки выноса топливной композиции из негерметичного твэла (твэлов) в теплоноситель отсутствуют.

АЭС Бушер-1 не оборудована системой оперативного сипинг-контроля в штанге перегрузочной машины. Поэтому на текущий момент можно рекомендовать следующий подход к предстоящему КГО во время ППР.

В первую очередь в пеналах системы СОДС следует проверить ТВС 1-го года. Если при этом будет обнаружена хотя бы одна негерметичная ТВС, пенальный КГО может быть завершен. Для гарантированного исключения загрузки в активную зону негерметичной ТВС на 5-ую кампанию было бы целесообразно проверить все ТВС 1-го и 2-го года. ТВС с бóльшим сроком эксплуатации следует проверять только в том случае, если негерметичная ТВС не будет обнаружена среди сборок 1-го и 2-го года эксплуатации[[1]](#footnote-1).

Данные рекомендации могут быть скорректированы по мере дальнейшего мониторинга активности и после обработки данных по спайк-эффекту во время останова блока на ППР.

Список использованных источников

1. Лиханский В.В., Евдокимов И.А. и др. «Сопровождение эксплуатации топлива на АЭС с ВВР-1000 в 1-2 кварталах 2017 г. Посттестовый анализ кампаний, завершенных в 1-ом квартале 2017 г.». Техническая справка АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» №10/НИР-7302 от 09.10.2017 г.
2. И.А. Евдокимов, В.В. Лиханский и др. «Модернизация методов КГО на работающем реакторе для современных типов топлива и топливных циклов». Международный научно-технический семинар АО «ТВЭЛ» «Опыт эксплуатации ядерного топлива российского производства на АЭС с ВВЭР-1000», Болгария, г. Несебр, 26-30 сентября 2016.
3. Лиханский В.В., Евдокимов И.А. и др. «Совершенствование методов КГО на работающем реакторе в части разработки критериев для идентификации образования вторичных дефектов и критериев выноса топливной композиции в теплоноситель с целью реализации проекта «Нулевой уровень отказа». Технический отчет ГНЦ РФ ТРИНИТИ №10/НИР-7127 от 28.07.2016 г.
4. РД ЭО 1.1.2.10.0521-2009 «Сборки тепловыделяющие ядерных реакторов типа ВВЭР-1000. Типовая методика контроля герметичности оболочек тепловыделяющих элементов», с изм. №2, АО «Концерн Росэнергоатом», 2016 г.

1. На блоках ВВЭР-1000 имеются прецеденты, когда штатная методика пенального КГО не выявляла негерметичные твэлы даже с видимым крупным повреждением оболочки. Это связано с тем, что при крупном дефекте радионуклиды вымываются из прилежащей области внутри твэла во время работы на мощности. При штатном КГО в этом случае выход продуктов деления из негерметичного твэла может быть незначительным по сравнению с фоновой активностью. Более высокой чувствительностью обладает методика КГО с циклированием давления в пенале СОДС [4]. «Экспресс-вариант» данной методики относительно слабо влияет на продолжительность пенального КГО и на дозовые нагрузки для персонала. [↑](#footnote-ref-1)