

1 АНАЛИЗ 4^{-ой} КАМПАНИИ НА АЭС БУШЕР-1

1.1 Эксплуатационные данные

Основные параметры работы энергоблока №1, активности и соотношения активностей реперных радионуклидов в ходе 4^{-ой} кампании за период с 1 апреля по 31 июля 2017 г. показаны на рисунках 1-8.

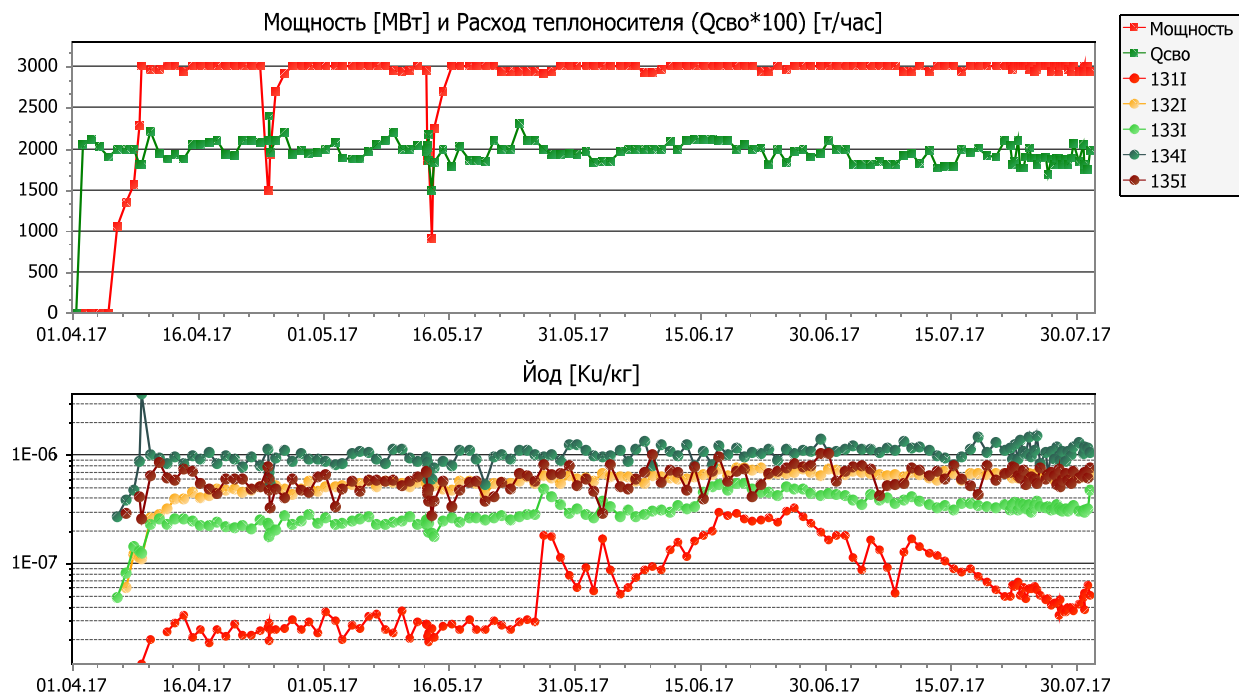


Рисунок 1 – Параметры работы блока и активности (Ки/кг) радионуклидов йода во время кампании №4 на АЭС Бушер-1



Рисунок 2 – Соотношение $M_{TU}(^{131}\text{I})/M_{TU}(^{134}\text{I})^a$ во время кампании №4 на АЭС Бушер-1

^a M_{TU} – это масса топливных отложений, рассчитанная по активности одного из радионуклидов ^{131}I или ^{134}I . Отношение $M_{TU}(^{131}\text{I})/M_{TU}(^{134}\text{I})$ эквивалентно отношению приведенных активностей ^{131}I и ^{134}I .

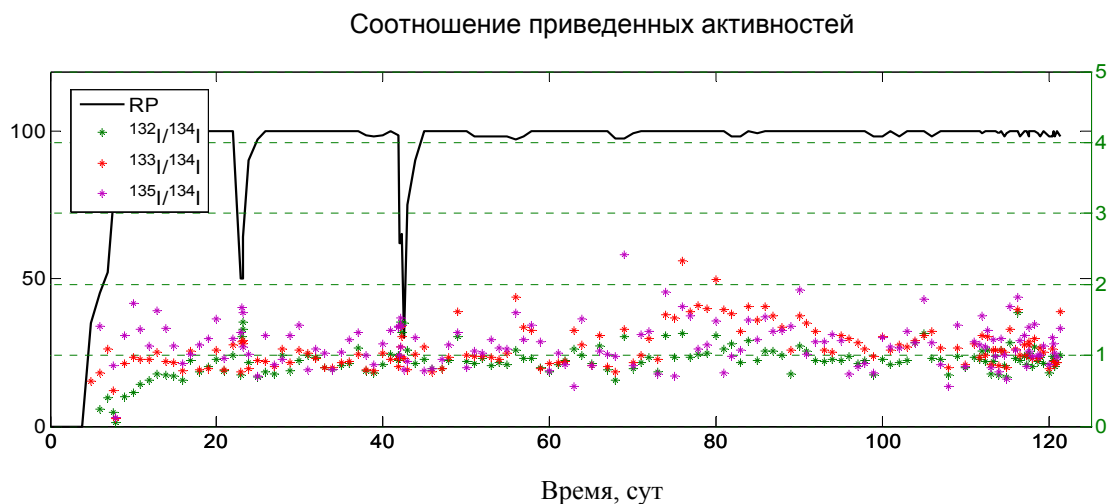


Рисунок 3 – Соотношение приведенных активностей радионуклидов йода во время кампании №4 на АЭС Бушер-1 (вертикальная ось справа); вертикальная ось слева – тепловая мощность РУ (МВт)

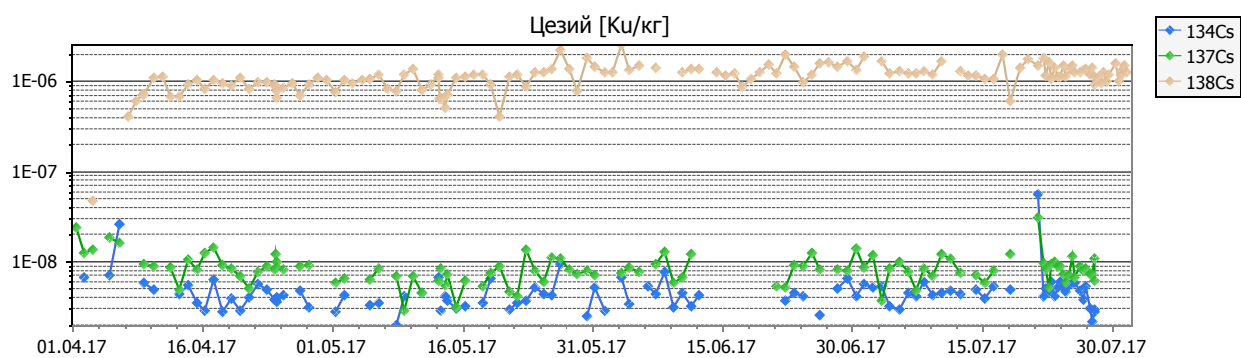


Рисунок 4 – Активности (Ки/кг) радионуклидов цезия в теплоносителе первого контура блока №1 в ходе 4^{-ой} кампании

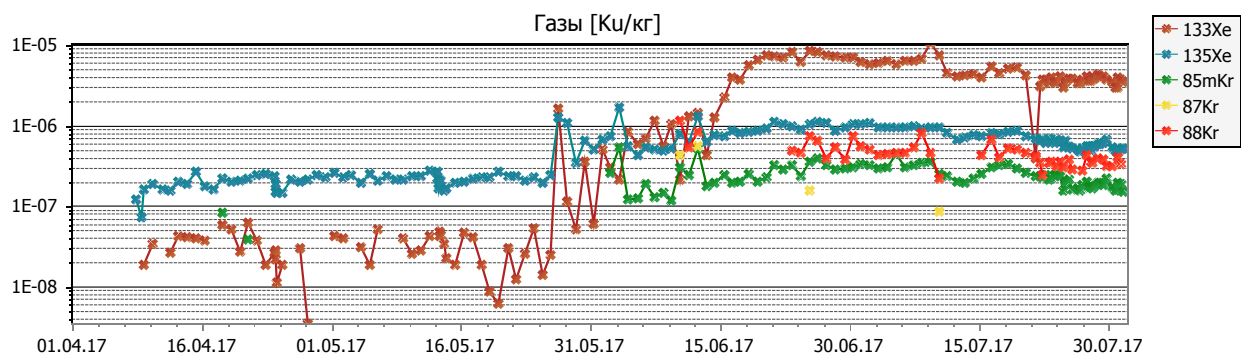


Рисунок 5 – Активности (Ки/кг) газовых продуктов деления в теплоносителе первого контура блока №1 во время 4^{-ой} кампании

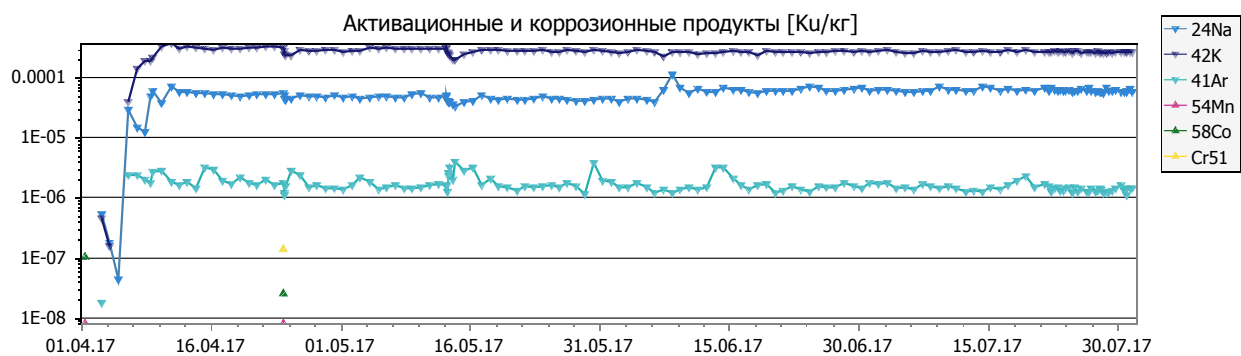


Рисунок 6 – Активности (Ки/кг) активационных и коррозионных продуктов в теплоносителе первого контура во время 4-ой кампании на АЭС Бушер-1

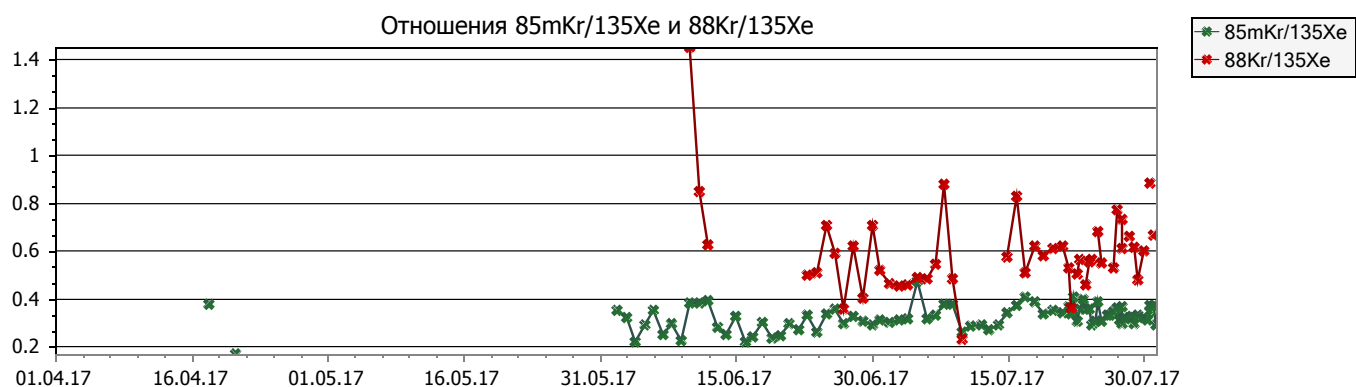


Рисунок 7 – Отношение активностей ИРГ во время кампании №4 на АЭС Бушер-1

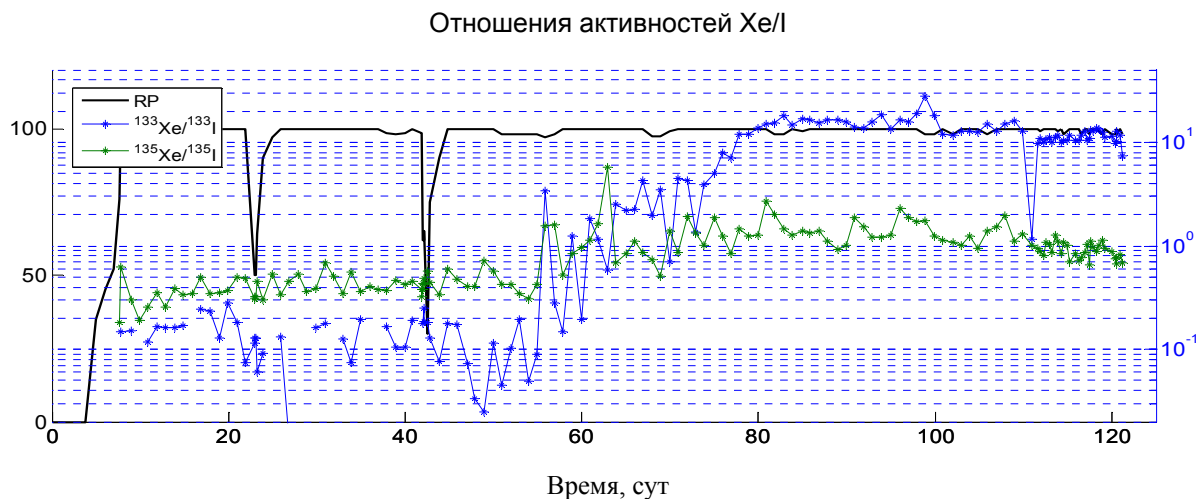


Рисунок 8 – Отношения активностей Хе/І во время кампании №4 на АЭС Бушер-1; вертикальная ось справа – тепловая мощность РУ (МВт)

1.2 Состояние топлива до 29 июня 2017 г.

Данные по кампании №4 на АЭС Бушер-1 за период 1 апреля по 28 июня 2017 г. были проанализированы ранее. Были сделаны следующие выводы.

По состоянию на 28 июня 2017 г. на АЭС Бушер-1 имелся по меньшей мере 1 негерметичный ТВЭЛ с высоким гидравлическим сопротивлением. Количество негерметичных ТВЭЛОВ оценивалось сверху числом 2. Признаки выноса топливной композиции из негерметичного ТВЭЛА (ТВЭЛОВ) в теплоноситель отсутствовали.

1.3 Текущее состояние топлива

В июле 2017 г. активность ^{131}I существенно снизилась. Соотношение приведенных активностей $^{131}\text{I}/^{134}\text{I}$ к концу июля 2017 г. стало ниже, либо незначительно превышало уровень 2. Ниже 2 стало и отношение приведенных активностей других йодов (см. рисунки 2-3). Это соответствует ситуации, когда активность радионуклидов йода определяется выходом продуктов деления из топливных отложений в активной зоне. Вклад негерметичного ТВЭЛА в активность ^{131}I - ^{135}I к концу июля 2017 г. стал несущественным.

Значительное снижение активности йодов в июле 2017 г. может быть связано с распуханием топливного сердечника и сокращением зазора топливо-оболочка в негерметичном ТВЭЛЕ. Эти процессы возможны вследствие окисления UO_2 -топлива в паросодержащей атмосфере. В результате сокращения зазора топливо-оболочка в негерметичном ТВЭЛЕ падает скорость массопереноса.

Активности инертных радиоактивных газов (ИРГ) в июле 2017 г. несколько снижались, но степень их снижения была существенно меньше, чем для йодов. Активность ^{133}Xe оставалась достаточно высокой – порядка $3\text{--}8 \cdot 10^{-6}$ Ки/кг. Различное поведение йодов и ИРГ связано с химической инертностью ксенонов и криптонов. В отличие от них радионуклиды йода могут адсорбироваться на внутренних поверхностях ТВЭЛА. Поэтому йоды более чувствительны к снижению скорости массопереноса под оболочкой.

Активности долгоживущих цезиев находились на стабильно низком уровне с начала топливной кампании^а.

Поскольку в течение июля активности реперных радионуклидов снижались и новых всплесков активности не зарегистрировано, можно сделать вывод об отсутствии новых разгерметизаций топлива. Признаков выноса топливной композиции из негерметичного ТВЭЛА в теплоноситель не появилось.

Активности радионуклидов ^{135}Xe , $^{85\text{m}}\text{Kr}$ и ^{88}Kr в ходе 4-ой кампании выросли ненамного по сравнению с предыдущей кампанией №3, в ходе которой не было разгерметизаций топлива (см. рисунок 9). В этих условиях оценка выгорания

^а За исключением единственного измерения 21.07.2017 г.

негерметичного топлива по соотношению активностей в парах $^{85m}\text{Kr}/^{135}\text{Xe}$ обладает повышенной погрешностью. Для более адекватной оценки выгорания топлива в негерметичном твэле следует дожидаться спайк-эффекта по долгоживущим радионуклидам ^{134}Cs и ^{137}Cs .

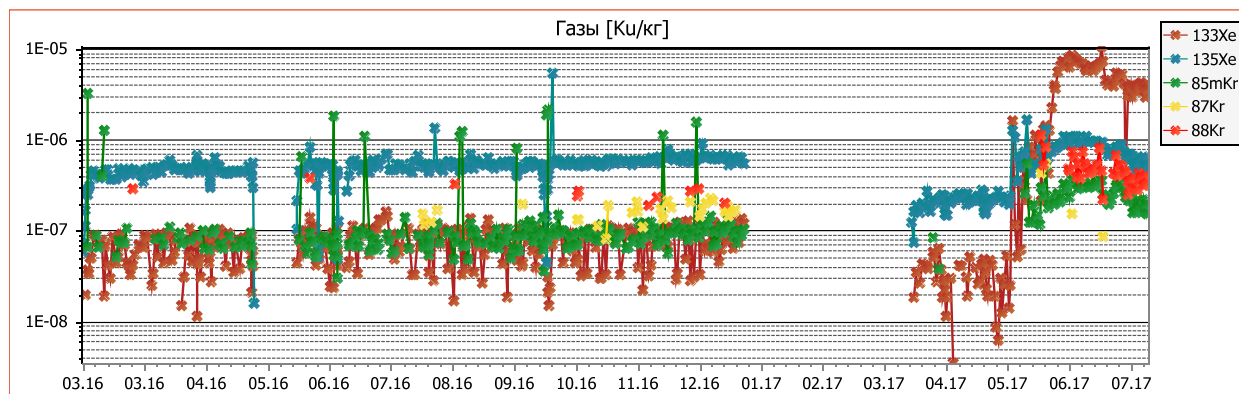


Рисунок 9 – Активности (Ки/кг) ИРГ во время топливных кампаний №3 и №4

Выводы

По состоянию на 31 июля 2017 г. в активной зоне АЭС Бушер-1 имеется по меньшей мере 1 негерметичный твэл. Новых разгерметизаций в июле 2017 г. не было. Признаки выноса топливной композиции из негерметичного твэла в теплоноситель отсутствуют.