

# WANO

# SOER

SIGNIFICANT OPERATING EXPERIENCE REPORT



Сообщение о значительном опыте эксплуатации  
WANO SOER 2011-3

## Потеря охлаждения и подпитки БВ ОТВС на АЭС Фукусима Дайичи

АВГУСТ 2011

Ограниченное распространение

## Содержание

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ</b>                                              | <b>4</b>  |
| <b>РЕКОМЕНДАЦИИ, АДРЕСОВАННЫЕ КАЖДОМУ ЧЛЕНУ ВАО АЭС</b>               | <b>5</b>  |
| <b>ОБСУЖДЕНИЕ</b>                                                     | <b>7</b>  |
| <b>ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМИНОВ, ФРАЗ И СОКРАЩЕНИЙ</b>                        | <b>9</b>  |
| <b>ССЫЛКИ</b>                                                         | <b>10</b> |
| <b>СООБЩЕНИЯ ВАО АЭС О ЗНАЧИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ<br/>ЭКСПЛУАТАЦИИ (SOER)</b> | <b>11</b> |
| <b>СООБЩЕНИЯ ВАО АЭС О ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ СОБЫТИЯХ (SER)</b>                | <b>11</b> |

### **Предупреждение о конфиденциальности**

*Авторские права, 2011 год, Всемирная ассоциация организаций, эксплуатирующих атомные электростанции (ВАО АЭС). Все права оговорены и зарезервированы. Не для продажи. Данный документ защищен как неопубликованный труд по законам об авторском праве всех стран, подписавших Бернскую конвенцию и Всеобщую конвенцию об авторском праве. Размножение без разрешения нарушает соответствующие законы. Переводить разрешается. Данный документ и его содержание являются сугубо конфиденциальными и должны храниться в тайне. В частности, без предварительного письменного разрешения Исполнительного директора, Председателя, или Президента ВАО АЭС данный документ не может быть передан или направлен третьим лицам, и его содержание не должно стать достоянием третьей стороны или общественности, если, конечно, эта информация не стала доступной какими-либо другими путями, а не вследствие нарушения данных обязательств о конфиденциальности.*

### **Уведомление об отказе от ответственности**

*Эта информация была подготовлена в связи с работами, проводимыми в рамках ВАО АЭС. Ни ВАО АЭС в целом, ни члены ВАО АЭС, ни какое-либо другое лицо, действующее от их имени, (а) не может гарантировать или поручиться, прямо или косвенно, за точность, полноту или полезность информации, содержащейся в этом документе, или за то, что использование любых сведений, механизмов, методов или процессов, описанных в данном документе, не нарушает прав собственности, а также (б) не принимает на себя никаких обязательств в связи с использованием или убытками, понесенными в результате использования, каких-либо сведений, механизмов, методов или процессов, описанных в данном документе*

## Потеря охлаждения и подпитки БВ ОТВС на АЭС Фукусима Дайичи

**ЭТОТ ОТЧЕТ ВАО АЭС О ЗНАЧИТЕЛЬНОМ ОПЫТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАСАЕТСЯ ВСЕХ ТИПОВ РЕАКТОРОВ.**

*Сообщения ВАО АЭС о значительном опыте эксплуатации (WANO SOER) предназначены способствовать обмену ценными уроками, приобретенными в процессе эксплуатации коллегами по ВАО АЭС. Данное сообщение основано на анализе события, изложенного в документе ИНПО INPO IER L1 11-2: «Потеря охлаждения и подпитки БВ ОТВС на АЭС Фукусима Дайичи», опубликованного 25 апреля 2011г. Требуется незамедлительное выполнение рекомендаций, изложенных в данном отчете, связанном с проблемами охлаждения и подпитки бассейнов выдержки отработавшего топлива на АЭС Фукусима Дайичи после воздействия землетрясения и цунами 11 марта 2011года. При извлечении новых уроков из этого события данный отчет будет обновляться с добавлением долгосрочных рекомендаций.*

В данном сообщении дается описание значительного события и предлагаются рекомендации, на которые требуется обратить немедленное внимание. От атомных станций требуется выполнение рекомендаций представленных в этом документе в следующем порядке:

- В конце каждой рекомендации дается срок ее обязательного выполнения. Эти сроки обоснованы и связаны с важностью рекомендации.
- Отчет о выполнении рекомендаций представляется в ВАО АЭС через 150 дней с даты публикации этого сообщения. В отчете должна содержаться информация о невыполненных рекомендациях и ожидаемых сроках их выполнения. Эта информация должна направляться Управляющему директору в Лондонский офис ВАО АЭС. Срок направления до 12 января 2012г.
- Выполнение данных рекомендаций будет проверяться во время партнерских проверок, начиная с января 2012г.

## Краткое изложение

Потеря охлаждения и невозможность обеспечения поддержания уровня в БВ ОТВС в течение длительного времени привели к повреждению топлива, хранившегося в БВОТВС на АЭС Фукусима Дайичи. После воздействия землетрясения, магнитудой 9,0 баллов, с последующим цунами, 11 марта 2011г., произошла потеря источников питания и оборудования систем, ответственных за охлаждение, контроль и подпитку БВОТВС. На время природного воздействия на АЭС блоки 1, 2 и 3 находились в работе, а блоки 4, 5 и 6 были остановлены на ППР и перегрузку топлива. В БВОТВС блока 4 хранилось как отработавшее топливо, так и полная выгрузка из активной зоны последней топливной кампании.

## Рекомендации, адресованные каждому члену ВАО АЭС.

**Рекомендации, изложенные в этом сообщении, даются для повышения способности станций к быстрому реагированию на события, связанные с хранением отработавшего топлива и удостоверения в поддержании высокого уровня готовности к событиям, влияющим на охлаждение и потерю уровня воды в БВОТВС. Действия станций должны включать, но не ограничиваться следующими мерами:**

1. Установить и обосновать для каждого состояния станции время достижения температуры в БВ ОТВС 100°C в событиях, когда произошла потеря нормального охлаждения топлива в БВ ОТВС. Занесите эту информацию в документацию в форматах, всегда доступных для персонала БЦУ и на оборудовании, используемом для устранения такой аварийной ситуации. Этот запас времени должен использоваться для справочных целей только в случаях продолжительной потери охлаждения и уровня в БВ ОТВС.

Выполнение этой рекомендации требуется в течение 90 дней со дня публикации документа.

2. Если время достижения температуры 100°C в БВ ОТВС при потере нормального охлаждения менее 72 часов, необходимо выделить системы и оборудование и контролировать их постоянную готовность для обеспечения отвода остаточных тепловыделений и поддержания уровня БВ ОТВС. Контроль должен включать следующие элементы:
  - a. Выделенные для этих целей системы и оборудование должны быть четко обозначены и защищены по месту от несанкционированной работы на них, или на связанном с ними оборудовании. Где это возможно, необходимо использовать физические барьеры, особенно там, где персонал может случайно столкнуться с оборудованием, вызвав его непреднамеренное отключение, переходный процесс, потерю целостности. Безопасные границы должны поддерживаться для предупреждения несанкционированной работы на оборудовании. Работы, которые не приводят к вмешательству в оборудование, или не приводят к последствиям, ухудшающим состояние оборудования, должны постоянно контролироваться и ограничиваться визуальным контролем и оперативными обходами.
  - b. Для работ, выполняемых непосредственно на выделенном оборудовании, или поддерживающих системах и резервном оборудовании, устанавливается особый контроль во время проведения работ. Этот контроль включает установление дополнительных барьеров, таких как критический анализ работ оперативным и административным руководством, предусмотрение непредвиденных обстоятельств, непосредственный контроль выполнения работ. Установление

компенсирующих мер для обеспечения отвода остаточных тепловыделений и поддержания уровня в БВ ОТВС, соизмеримых с рисками при сложившемся состоянии систем на время выполнения работ. Компенсирующие действия должны быть направлены на предупреждение достижения насыщенного состояния охлаждающей воды в БВ ОТВС при потере охлаждения.

Эта рекомендация должна быть внедрена в течение 90 суток с даты публикации документа.

3. Произведите подтверждение полноты эксплуатационных аварийных инструкций и инструкций по отклонениям в части действий в ответ на потерю охлаждения и уровня воды в БВ ОТВС. Необходимо удостовериться, что в процедуры включены действия и перечень возможных отклонений при контроле уровня и температуры в БВ ОТВС. Удостоверьтесь, что они также включают возможные средства подпитки и поддержания уровня БВ ОТВС при полной потере источников переменного тока. Подтвердите, что руководящие указания в аварийных инструкциях и в инструкциях по отклонениям могут быть выполнимы в условиях штормовой погоды, землетрясений, потери управления с БЩУ и условиях затопления.

Эта рекомендация должна быть внедрена в течение 90 суток с даты публикации документа.

4. Подтвердить наличие программ постоянного контроля/опробований работоспособности устройств срыва сифона/вакуума на системах охлаждения и подпитки БВ ОТВС.

Эта рекомендация должна быть внедрена в течение 120 суток с даты публикации документа.

5. Произвести проверку эксплуатационных аварийных процедур и процедур по отклонениям в части выполнения действий во время штормовой погоды, землетрясений, потере управления с БЩУ, затоплениях, и/или аналогичных ситуаций на предмет включения предупреждений, что уровень и температура в БВ ОТВС в этих условиях должны контролироваться.

Эта рекомендация должна быть внедрена в течение 120 суток с даты публикации документа.

**ВНИМАНИЕ:** В сообщении о значительном событии SOER 2010-1, *Безопасность реактора в остановленном состоянии, описываются ситуации, связанные с охлаждением и поддержанием уровня в БВ ОТВС. Каждому члену ВАО АЭС предлагается проверить состояние по внедрению рекомендаций с 1-й по 4-ю и с 6-й по 12-ю, так как они относятся к проблемам обеспечения охлаждения и поддержания уровня в БВ ОТВС*

## Обсуждение

Землетрясение и цунами привели к полной потере энергоснабжения станции, и, предположительно, к повреждению систем охлаждения БВ ОТВС. В результате на каждом блоке АЭС Фукусима Дайичи произошла потеря систем охлаждения и подпитки БВ ОТВС. Из первых поступивших сообщений получена информация о состоянии общестанционного бассейна выдержки отработавшего топлива. В этом БВ ОТВС были наиболее низкие остаточные тепловыделения на момент происшедшего события. Полагается, что в нем поддерживается достаточный запас уровня воды. Было проверено состояние контейнеров сухого хранения топлива, которое не выявило повреждений на системах сухого хранения отработавшего топлива.

Потеря охлаждения БВ ОТВС на блоках 1, 2, 3 и 4 привела к перегреву и достижению состояния насыщения или близкого к насыщению в БВ ОТВС. Выпаривание воды привело к потере уровня в БВ ОТВС. Потеря уровня ускорилась из-за возможного выплескивания воды из БВ ОТВС и потери целостности конструкций. События, которые имели место в отрасли в прошлом, выдвинули на первый план потенциальные последствия землетрясений, связанных с ускоренной потерей уровня воды в БВ ОТВС. В 2007 году в Японии на АЭС Кашивазаки Карива землетрясение магнитудой 6,8 балла вызвало выплескивание воды из БВ ОТВС, приведшее к незначительной потере уровня воды и подтоплению отметок в эксплуатационных помещениях и оборудования на нижних отметках.

Через 88 часов после землетрясения на АЭС Фукусима Дайичи произошел взрыв на блоке 4 реакторного здания, причиной которого, как полагается, был сброс газов из первичного контайнмента блока 3. Взрыв вызвал катастрофические разрушения реакторного здания и мог повредить коммуникации БВ ОТВС. Активная зона реактора блока 4 была полностью выгружена в БВ ОТВС за 100 дней до землетрясения, и перемычка между реактором и БВ ОТВС была закрыта. Достаточно высокий уровень остаточных тепловыделений вместе с потерей охлаждения БВ ОТВС стал причиной быстрой потери уровня в БВ ОТВС.

Причиной взрывов водорода на блоках 1 и 3, как полагается, стал сброс газов из первичного контайнмента. Эти взрывы вызвали разрушения реакторных зданий и могли повредить целостность конструкций БВ ОТВС.

На блоке 2 взрыв водорода, как сообщалось, произошел внутри бассейна-барботера.(тора), вызвав незначительные разрушения реакторного здания. Полагается, что целостность конструкции БВ ОТВС не пострадала в результате этого события.

На всех блоках первые действия операторов по восстановлению охлаждения БВ ОТВС были ограничены в связи с потерей средств контроля и подпитки БВ ОТВС и сосредоточением внимания на многочисленных происшествиях, имевшие место на всех блоках АЭС.

Приблизительно через 9 дней после события в работу был включен пожарный насос, который обеспечивал подачу морской воды через систему охлаждения БВ ОТВС в БВ ОТВС блока 2. Уровень воды в БВ ОТВС блоков 1, 3, и 4 был восстановлен через различные схемы от внешних источников подачи воды.

Невозможность поддержания уровня воды в БВ ОТВС сразу на нескольких блоках вызвали необходимость принятия экстраординарных усилий. Восстановительные действия включали сброс морской воды с вертолетов, залив морской воды пожарными машинами из пожарных шлангов, использование водометных пушек, и подачу морской воды пожарными насосами в БВ ОТВС через системы охлаждения. Усилия по восстановлению и доступ операторов был ограничен тяжелыми условиями, включающими высокие радиационные уровни, радиоактивное загрязнение и разрушением зданий и систем. Недостатки планов по восстановлению отсутствие подходящего оборудования, внесли дополнительные затруднения в восстановление охлаждения и уровня воды в БВ ОТВС.

Потеря охлаждения БВ ОТВС, уровня воды, и возможностей подпитки на АЭС Фукусима Дайичи стали возможной причиной повреждения хранящегося в БВ ОТВС отработавшего топлива и тяжелым радиационным последствиям для персонала станции, площадки и прилегающих районов. Событие было вызвано факторами, которые находились вне рамок расчета проектных аварий. К настоящему времени некоторые подробности причин и последствий этих запроектных событий известны не в полной мере, предварительная оценка событий на АЭС Фукусима Дайичи выявила уязвимости, которые послужили основанием для принятия дополнительных защитных мер на АЭС всего мира для повышения готовности станций к ликвидации последствий возможных катастрофических природных воздействий.



## Определения терминов, фраз и сокращений

**При любых состояниях АЭС** – это выражение включает рабочее состояние реактора, остановленное состояние, реактор в ходе рабочей кампании, реактор во время планового останова в ремонт, при размещении отработавшего топлива в БВ ОТВС немедленно после останова реактора в ремонт, или длительно хранившемся отработавшем топливе в БВ ОТВС, т.е. все состояния блока должны быть включены.

**При событиях, связанных с потерей нормальной схемы охлаждения** – Ситуация, когда нормальное охлаждение не обеспечивает достаточного теплоотвода от БВ ОТВС при остановленном или рабочем состоянии реактора. Эта ситуация включает потери любых схем расхолаживания, используемых для отвода тепла от БВ ОТВС к конечному источнику отвода тепла (к градирням, водоемам, рекам, морским акваториям и т.д.).

**Защищенные системы и оборудование** – любые компоненты или системы, необходимые для снижения или устранения рисков, когда «защита в глубину» некоторых основных функций безопасности ограничена по причине неготовности резервного оборудования или систем, таким образом, что при непреднамеренном переключении или управлении хотя бы единственного компонента или единицы оборудования на станции происходит переходный режим, или нарушение.

**БВ ОТВС** – Бассейн выдержки отработавшего топлива.

**Ссылки:**

1. [ENR TYO 11-006](#); Воздействие разрушительного землетрясения и цунами на атомные станции восточного побережья Японии (11 марта 2011г, АЭС Фукусима Дайичи, Токио)
2. [SOER 2010-1](#) Безопасность реактора в остановленном состоянии
3. [EAR TYO 07-010](#) Воздействие землетрясения на побережье Японии в префектуре Ниигата района Чуетсу Японии (16 июля 2007г., АЭС Кашивазаки Карива 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, Токио)

## Сообщения ВАО АЭС о значительном опыте эксплуатации (SOER)

|             |                                                                               |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| SOER 2011-3 | Потеря охлаждения и подпитки БВ ОТВС на АЭС Фукусима Дайичи                   |
| SOER 2011-2 | Повреждение топлива на АЭС Фукусима Дайичи, вызванное землетрясением и цунами |
| SOER 2011-1 | Надежность силовых трансформаторов                                            |
| SOER 2010-1 | Безопасность реактора в остановленном состоянии                               |
| SOER 2008-1 | Грузоподъемные приспособления, подъем и перемещение грузов                    |
| SOER 2007-2 | Блокирование водозаборных сооружений                                          |
| SOER 2007-1 | Управление реактивностью                                                      |
| SOER 2004-1 | Внесение изменений в проект активной зоны                                     |
| SOER 2003-2 | Повреждение крышки реактора на АЭС Дэйвис-Бесси                               |
| SOER 2003-1 | Надежность силовых трансформаторов                                            |
| SOER 2002-2 | Надежность аварийного электроснабжения                                        |
| SOER 2002-1 | Сложные погодные условия                                                      |
| SOER 2001-1 | Неплановое радиационное облучение                                             |
| SOER 1999-1 | Потеря питания от внешнего источника энергоснабжения и Приложение 2004г       |
| SOER 1998-1 | Контроль состояния систем безопасности                                        |

## Сообщения ВАО АЭС о значительном событии (SER)

|            |                                                                                                                                                                       |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SER 2009-3 | Непреднамеренный запуск системы аварийного впрыска вследствие ошибки персонала при выполнении действий после срабатывания аварийной защиты реактора                   |
| SER 2009-2 | Неустановленная течь по главному разъему корпуса реактора                                                                                                             |
| SER 2009-1 | Отказ на ввод стержней при управлении                                                                                                                                 |
| SER 2007-1 | Потеря соединения с энергосистемой и последующий отказ двух секций надежного питания систем, важных для безопасности                                                  |
| SER 2006-2 | Ухудшение состояния трубопроводов технической воды ответственных потребителей                                                                                         |
| SER 2006-1 | Эрозионно-коррозионный износ                                                                                                                                          |
| SER 2005-3 | Ошибки при подготовке и внедрении модификаций                                                                                                                         |
| SER 2005-2 | Недостатки базовой подготовки операторов                                                                                                                              |
| SER 2005-1 | Попадание газа в системы безопасности                                                                                                                                 |
| SER 2004-2 | События, связанные с топливом                                                                                                                                         |
| SER 2004-1 | Засорение систем водоснабжения                                                                                                                                        |
| SER 2003-7 | Нарушения, связанные с изменением реактивности при выполнении редких переключений                                                                                     |
| SER 2003-6 | Серьезное повреждение топлива при химической отмывке вне реактора из-за потери отвода остаточных тепловыделений                                                       |
| SER 2003-5 | Принятие эксплуатационных решений                                                                                                                                     |
| SER 2003-4 | Нарушение водно-химического режима и продолжительный останов блока вследствие разрыва трубки конденсатора                                                             |
| SER 2003-3 | Внутреннее облучение персонала и распространение радиоактивного загрязнения за пределы станции вследствие недостатков станционной программы радиационной безопасности |
| SER 2003-2 | Повреждения трубопроводов, вызванные взрывами водорода                                                                                                                |
| SER 2003-1 | Повышение установленной мощности установок                                                                                                                            |

|            |                                                                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SER 2002-4 | Тяжелые несчастные случаи с рабочими при выполнении работ в распределительных устройствах среднего напряжения                                  |
| SER 2002-3 | Коррозия крышки корпуса реактора на АЭС Дэйвис Бесси                                                                                           |
| SER 2002-2 | Непреднамеренное дренирование 1-го контура в режиме останова блока на перегрузку с поддренированным до уровня середины горячих петель контуром |
| SER 2002-1 | Отказ выключателя 4 кВ, приведший к пожару в распределительном устройстве и серьезному повреждению турбоагрегата                               |
| SER 2001-3 | Забивание водорослями водозаборного узла станции привело к переходным процессам на энергоблоках и могло привести к потере теплоотвода          |
| SER 2001-2 | Обнаружение высокорadioактивных частиц при выполнении работы в бассейне выдержки                                                               |
| SER 2001-1 | Недостатки культуры безопасности привели к преждевременному выходу реактора в критическое состояние                                            |
| SER 2000-4 | Отключение всех подогревателей низкого давления привело к сложному переходному процессу на энергоблоке                                         |
| SER 2000-3 | Сильный ураган привел к останову трех энергоблоков и потере функций систем безопасности вследствие частичного затопления                       |
| SER 2000-2 | Колебания мощности в активной зоне кипящего реактора                                                                                           |
| SER 2000-1 | Срабатывание защиты реактора и частичная потеря надежного энергоснабжения постоянного и переменного тока во время восстановления режима        |
| SER 1999-4 | Авария на заводе производителе уранового топлива                                                                                               |
| SER 1999-3 | Значительная течь первого контура реактора вследствие дефекта трубопровода системы отвода остаточного тепловыделения                           |
| SER 1999-2 | Тяжелый переходный процесс в результате ложного срабатывания спринклерной системы контайнмента                                                 |
| SER 1999-1 | Неработоспособность предохранительного клапана парогенератора и БРУ-А при переходном процессе                                                  |