

**Общая информация**  
**об характере основных радиационных либо ядерных аварий, которые могут произойти**  
**на объектах ядерной энергетики ГП ИАЭС, и возможном их воздействии на**  
**население и окружающую среду**

Специалисты ИАЭС проанализировав технические проекты всех объектов ядерной энергетики (далее – ОЯЭ) предприятия, а также технологические регламенты, отчёты анализов безопасности и воздействия на окружающую среду и население установили следующие ядерные и радиологические запроектные аварии, которые могут произойти на ОЯЭ в период снятия ИАЭС с эксплуатации аварии:

- 1) полное обесточивание собственных нужд энергоблоков ИАЭС (сценарий №1);
- 2) авария в бассейнах выдержки кассет, вызванная некомпенсированной потерей воды (сценарий №2);
- 3) авария в бассейнах выдержки кассет, вызванная падением тепловыделяющих сборок на дно бассейна с возникновением самоподдерживающейся цепной реакции (сценарий №3);
- 4) внешние угрозы (падение самолёта, землетрясения, взрывы, внешние пожары, падение объектов неземного происхождения и др.) (сценарий №4);
- 5) авария, вызванная опрокидыванием контейнера с отработавшим ядерным топливом при его транспортировке (сценарий №5).

**Сценарий № 1**  
**«Полное обесточивание собственных нужд энергоблоков ИАЭС»**

Под полным обесточиванием собственных нужд ИАЭС понимается отключение или полная потеря электрического питания на всех секциях нормального и надежного питания 6 кВ и невозможность его восстановления в течение длительного времени. Для начального момента запроектной аварии предполагается следующее исходное состояние ИАЭС:

- из реактора 1-го энергоблока полностью выгружены все тепловыделяющие сборки, контур многократной принудительной циркуляции (далее – КМПЦ) 1-го энергоблока опорожнен, поэтому авария по данному сценарию в 1-ом энергоблоке не рассматриваются;
- КМПЦ 2-го энергоблока заполнен водой до номинального уровня, главные циркуляционные насосы остановлены, температура воды в бассейнах выдержки кассет (далее

– БВК) равна 70°C, давление в барабан - сепараторах атмосферное, температура воды в технологических каналах и графита менее 100°C и имеется тенденция постоянного снижения температуры графита и воды (фактическое состояние и параметры зафиксированы на момент составления данного документа). Остаточное тепловыделение от реактора 2-го энергоблока отводится в режиме естественной циркуляции теплоносителя;

- в бассейнах выдержки 1-ого и 2-го энергоблока находятся тепловыделяющие сборки, системы подпитки и охлаждения бассейнов выдержки находятся в резерве.

При полном обесточивании собственных нужд предприятия температура воды в бассейнах выдержки 1-ого и 2-го энергоблока достигнет температуры кипения не раньше, чем через 80 часов с момента начала аварии. Оголение верхних частей отработанных тепловыделяющих сборок возможно не раньше, чем через 360 часов после начала аварии, что приведёт к ухудшению радиационной обстановки в бассейнах выдержки. По результатам анализа, проведенного в рамках «стресс-тестов», консервативная оценка разогрева самого энергетически напряженного отсека бассейна выдержки кассет в случае потери охлаждения показала, что температура воды достигнет температуры кипения: на 1-ом энергоблоке – за время более чем 400 часов, на 2-ом энергоблоке – более 174 часов. И по мере снижения энергетического выделения облученных тепловыделяющих сборок в бассейнах выдержки указанное в предыдущем предложении время постоянно увеличивается.

При полном обесточивании собственных нужд ИАЭС во время охлаждения заглушенного реактора энергоблока № 2 в режиме естественной циркуляции теплоносителя обезвоживание тепловыделяющих сборок может произойти не раньше, чем через 18 часов после начала аварии. До этого момента тепловыделяющие сборки в течение не менее 8 часов надежно охлаждаются в режиме естественной циркуляции теплоносителя с нагревом теплоносителя до начала кипения воды в технологических каналах, а затем в режиме кипения теплоносителя в технологических каналах и выбросом пара из КМПЦ через быстродействующее редуцирующее устройство в системе локализации аварии.

Через 18 часов после начала аварии при отсутствии необходимого охлаждения ожидается резкое увеличение температуры активной зоны, которое связано с обезвоживанием активной зоны, вследствие чего могут быть повреждены оболочки твэлов, и продукты деления, находящиеся под оболочкой, через систему локализации аварий поступят в окружающую среду. Следует отметить, что в случае обезвоживания активной зоны и роста температуры тепловыделяющих сборок критерий приемлемости для оболочек твэлов 700° С, при котором возможно их повреждение с выходом продуктов деления, будет достигнут

консервативно не ранее, чем через 6 суток. Этого времени вполне достаточно для восстановления охлаждения активной зоны и предотвращения радиологической аварии.

## Сценарий № 2

### «Авария в бассейнах выдержки кассет, вызванная некомпенсированной потерей воды»

Сценарий аварии, вызванный некомпенсированной потерей воды в бассейнах выдержки ОЯТ в случае максимально возможной течи с расходом 76 м<sup>3</sup>/час представлен в табл.

#### Последовательность событий при аварии, вызванной некомпенсированной потерей воды в бассейнах выдержки ОЯТ

Таблица

Время час.	Событие
0	Образование течи с расходом 76 м <sup>3</sup> /час, отказ системы подпитки БВ.
20	Время начала обезвоживания ОЯТ, хранящегося в транспортных чехлах. Увеличение уровня гамма-излучения.
40	Время начала обезвоживания неразделанных ОТВС. Высокий уровень гамма-излучения.
70	Время полного обезвоживания всего ОЯТ, хранящегося в БВ. Высокий уровень гамма-излучения.
75	Температура ОЯТ - 800°С. Потеря герметичности оболочек твэлов за счет распухания. Выход газообразных продуктов деления.
76	Температура ОЯТ - 900°С. Начало оксидации циркония (начало интенсивного выделения водорода).
81	Температура ОЯТ - 1450°С. Плавление нержавеющей стали (дистанционирующие решетки и интенсификаторы). Возможно искривление твэлов.
85	Температура ОЯТ - 1760°С. Начало плавления циркония.
105	Температура ОЯТ - 2600°С. Начало плавления ядерного топлива. Начало взаимодействия расплавленного топлива с конструкциями БВ.

Существующее на ИАЭС резервирование источников подпитки бассейнов выдержки 1 – го и 2-го до энергоблоков вплоть подачи воды из озера Друкшяй при помощи пожарных автомобилей в течение 1 часа можно подать до 500 м<sup>3</sup>/час, а также наличие разработанных процедур по управлению данной запроектной аварии, позволяет не допустить оголение отработанного ядерного топлива в бассейнах выдержки и возникновению ядерной и радиологической аварии по данному сценарию.

### Сценарий №3

#### «Авария в бассейнах выдержки кассет, вызванная падением тепловыделяющих сборок на дно бассейна с возникновением самоподдерживающейся цепной реакции»

В случае падения на дно бассейна выдержки отработанных тепловыделяющих сборок возможно создание условий критичности, а также радиационные последствия аварии в бассейнах выдержки кассет, вызванной падением тепловыделяющих сборок на дно бассейна с возникновением самоподдерживающейся цепной реакции.

Сценарий данной аварии представлен в документе. Из-за ошибки персонала во время перемещения транспортного чехла над уступом в бассейне выдержки происходит его падение с опрокидыванием, что приводит к высыпанию всех 102 пучков твэлов из транспортного чехла и образованию критической массы.

В результате возникновения самоподдерживающейся цепной реакции за  $\sim 0.25$  сек. выделяется 17 ГДж. тепла, что приводит к испарению  $5.3 \text{ м}^3$  воды и разрушению оболочек твэлов. При выделении такого количества тепла за столь малое время из-за разогрева твэлов и бурного фазового превращения воды упавшие пучки твэлов будут разбросаны, что приведет к прекращению самоподдерживающейся цепной реакции.

Радиационные последствия аварии оценивались по выходу в окружающую среду следующих радионуклидов: ИРГ ( $^{85\text{m}}\text{Kr}$ ,  $^{87}\text{Kr}$ ,  $^{88}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{135}\text{Xe}$ ), летучих продуктов деления ( $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^{133}\text{I}$ ,  $^{134}\text{I}$ ,  $^{135}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ). При проведении расчетов были сделаны следующие максимально консервативные предположения:

- в процессе протекания самоподдерживающейся цепной реакции происходит полное разрушение твэлов и все продукты деления попадают в воду бассейна выдержки;
- максимальная активность инертного радиоактивного газа и летучих продуктов деления образуется без временной задержки, обусловленной распадом предшественников;
- вместе с паром, образовавшимся в результате самоподдерживающейся цепной реакции, все инертные радиоактивные газы и летучие продукты деления выбрасываются в зал БВ откуда вентиляционными системами WZ-52, WZ-53 после очистки на аэрозольных фильтрах поступают в вентиляционную трубу (150 м). Цезий в высотную трубу поступает с коэффициентом очистки 100, инертные радиоактивные газы и йоды на аэрозольных фильтрах не задерживаются.

Оценка радиационных последствий аварии осуществлялась с помощью компьютерной системы «НОСТРАДАМУС», предназначенной для оперативного прогнозирования радиологической обстановки при выбросах радиоактивных материалов во

время аварий на предприятии. При расчётах были использованы максимально неблагоприятные метеорологические условия. На основании данных и анализа карт окрестностей ИАЭС можно утверждать, что:

Максимальные значения эффективной дозы для населения за 7 суток составят:

- 0,02 мЗв на границе СЗЗ ИАЭС;
- 0,05 мЗв в городе Висагинас;
- 0,11 мЗв в населённых пунктах по оси выпадения радионуклидов.

Максимальные значения ингаляционной дозы на щитовидную железу для населения за 7 суток составят:

- 0,1 мЗв на границе СЗЗ ИАЭС;
- 0,57 мЗв в городе Висагинас;
- 0,7 мЗв в населённых пунктах по оси выпадения радионуклидов.

Максимальные значения мощности дозы гамма излучения составят:

- менее 0,1 мкЗв/час на границе СЗЗ ИАЭС и в городе Висагинас;
- 0,13 мкЗв/час в населённых пунктах по оси выпадения радионуклидов.

Максимальные значения загрязнённости территории, поверхности автотранспорта и кожных покровов населения составят:

- 2,0 Бк/см<sup>2</sup> на границе СЗЗ ИАЭС;
- 3,6 Бк/см<sup>2</sup> автодороги № 177;
- 0,7 Бк/см<sup>2</sup> в городе Висагинас;
- 15 Бк/см<sup>2</sup> на расстоянии 17 километров по оси выпадения радионуклидов.

Максимальная эффективная годовая доза полученная от загрязнения территорий, поверхностей автотранспорта и кожных покровов населения составит 1, 2 мЗв;

Прогнозируемые значения доз для населения, радиоактивного заражения поверхности окружающей среды и значения мощности дозы значительно меньше уровней применения защитных действий, установленных Гигиенической нормой Литвы HN 99:2011, «Защита населения при возникновении радиологической или ядерной аварии».

#### **Сценарий № 4 «Внешние события»**

В отчётах по анализу безопасности ОЯЭ предприятия, а также в отчёте о проведении «стресс-тестов» предоставлены анализы и описания опасностей от внешних событий. К опасностям от внешних событий относятся:

- падение самолёта;
- внешний пожар;
- землетрясение;
- сильный ветер;
- экстремально низкая температура воздуха;
- внешнее наводнение;
- падение объектов неземного происхождения и. др.

Из всех перечисленных внешних событий выбрано событие «Падение самолёта», так как в этом событии присутствует ряд факторов, в том числе и человеческий фактор (интенсивность полетов вблизи объекта, техническое состояние самолетов, опыт экипажа, состояния навигационной наземной техники (радиомаяков), метеорологических условий, угроза террористических актов с использованием воздушных судов и др.), которые создают угрозу ОЯЭ предприятия с наибольшей степенью вероятности. Были произведены расчеты по оценке вероятности падения самолета. Для оценок вероятностей частоты падения самолета собраны статистические данные, построены математические модели и определены вероятностные характеристики этого события. Статистически анализируемая частота авиакатастроф зависит от интенсивности полетов вблизи объекта, от технического состояния самолетов, опыта экипажа, навигационной наземной техники (радиомаяков), метеорологических условий и других факторов. Используя анализ и моделирование неопределенности данных, получена средняя вероятность падения самолета на территорию ОЯЭ предприятия, которая составляет  $6,45 \cdot 10^{-8}$  события в год.

### **Сценарий №5**

#### **„Авария, вызванная опрокидыванием контейнера с отработавшим ядерным топливом при его транспортировке”**

В случае опрокидывания контейнера CONSTOR® RBMK1500/M2 (далее – контейнер) с отработавшим ядерным топливом при его транспортировке с энергоблоков ИАЭС на временное хранилище отработанного ядерного топлива (СХОЯТ-2), происходит разовый мгновенный выброс радиоактивных газов из контейнера на месте его падения. Транспортировка контейнера осуществляется на специальном железнодорожном транспортёре М2, по специальному маршруту от зданий 101/1-2 до (СХОЯТ-2), по внутри объектовой железной дороге, проложенной по территории принадлежащей ИАЭС. В состав

контейнера входят до 182 пучков твэлов отработавшего ядерного топлива РБМК, с временем выдержки в БВ не менее 10 лет. Контейнер транспортируется, находясь в вертикальном положении, он герметично закрыт первичной крышкой и защитной пластиной, каждая из которых имеет резиновую уплотняющую прокладку. Железнодорожный транспортёр М2 предназначен для транспортировки только одного контейнера, уровень днища которого расположен близко над уровнем рельса.

Опрокидывание контейнера является постулируемой запроектной аварией. Делаются допущения, что с одной стороны ломаются все 8 колёсных осей, одновременно с другой стороны транспортёра все 8 осей остаются не повреждёнными. В этом случае максимальный наклон относительно вертикальной оси контейнера составит примерно 13°. При таком наклоне транспортёр с контейнером останутся в стабильном положении. Для опрокидывания транспортёра с контейнером должны появиться дополнительные силы воздействия. Расчет механической прочности болтов первичной крышки контейнера продемонстрировал, что первичная крышка контейнера останется на месте и выполнит функцию удержания ОЯТ и радиоактивных твердых частиц внутри контейнера. Опрокидывание контейнера во время этой фазы рассматривается как радиационная авария, последствия которой оцениваются по выходу в окружающую среду следующих радионуклидов ( $^3\text{H}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ). Путь потенциального выброса из полости контейнера через систему его крышек при опрокидывании контейнера на твёрдую поверхность во время транспортировки. Результаты расчета предельной активности радионуклидов, выбрасываемых из контейнера с учётом всех консервативных допущений, представлены в таблице.

**Активность радионуклидов поступивших в окружающую среду , Бк.**

$^3\text{H}$	$^{85}\text{Kr}$	$^{129}\text{I}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$
5,72E+12	1,26E+14	8,7E+8	1,65E+4	6,86E+5

Оценка радиационных последствий этой аварии также осуществлялась с помощью компьютерной системы «НОСТРАДАМУС», предназначенной для оперативного прогнозирования радиационной обстановки при выбросах радиоактивных материалов во время аварий на предприятии. Поскольку г. Висагинас является крупнейшим населённым пунктом в 30 километровой зоне, максимально неблагоприятными метеорологическими данными являются те, при которых территория г. Висагинаса подвержена максимальному

облучению. Максимальное значение суммарной эффективной дозы по оси движения радиоактивного облака, на границе санитарно - защитной зоны ИАЭС и в населённых пунктах составит 2,1 мкЗв за 7 суток, а максимальное значение ингаляционной дозы на щитовидную железу составит 0.09 мкЗв за 7 суток, что значительно меньше, чем значения, установленные Гигиенической нормой Литвы HN 99:2011, «Защита населения при возникновении радиологической или ядерной аварии».

### **Итоговый выбор сценариев запроектных аварий**

Как видно из описания сценариев аварий опасными запроектными авариями, которые могут произойти на ОЯЭ ИАЭС, являются аварии по сценариям № 1, № 2, № 3 и 5.

Запроектная авария по сценарию №5, является менее тяжёлой и продолжительной чем запроектные аварии по сценариям № 1, № 2 и № 3. Запроектные аварии по сценариям № 1, № 2 и № 3 имеют более длительное периоды развития (до нескольких суток) и имеют более тяжелые последствия.

Из оставшихся трёх аварий запроектные аварии по сценариям № 1 и № 2 имеют более длительное развитие (до 6 суток) чем запроектная авария по сценарию № 3 и потому запроектная авария по сценарию № 3 является наиболее неблагоприятной.

Как видно из данных при запроектной аварии по сценарию № 3 прогнозируемые дозы радиологического воздействия на население являются значительно меньше уровней применения защитных действий установленных Гигиенической нормой Литвы HN 99:2011, «Защита населения при возникновении радиологической или ядерной аварии», а это значит, что срочные защитные меры для населения в соседних районах проводить нет необходимости. Учитывая все данные и на основании описания классов аварий, штабу ОАГ при возникновении запроектной аварии по сценарию №3 рекомендуется установить класс аварии - «Авария на оборудовании» и событие отнести к уровню 2 «Инцидент» по шкале INES.

При возникновении аварии по сценарию № 3 максимальная эффективная годовая доза, полученная от загрязнения территорий, поверхностей автотранспорта и кожных покровов населения составит 1,2 мЗв. Этот уровень значительно меньше уровней применения защитных действий, установленных Гигиенической нормой Литвы HN 99:2011, «Защита населения при возникновении радиологической или ядерной аварии».

## Классы аварий

На основании Гигиенической нормы Литвы НН 99:2011 «Защита населения при возникновении радиологической и ядерной аварии» установлены такие **классы ядерных или радиологических аварий**:

**Предварительная готовность** – это нарушение состояния ОЯЭ, способное развиться в ядерную или радиологическую аварию, при котором:

могут быть превышены допустимые концентрации радионуклидов в помещениях ОЯЭ;

- могут быть превышены установленные пределы доз облучения персонала;
- произошли отказы оборудования СВБ, которые могут привести к снижению

уровня защиты активной зоны или отработанного ядерного топлива;

- При таких нарушениях вводятся соответствующие инструкции ПАГ ОЯЭ, осуществляется сбор членов штаба ОАГ ОЯЭ в ЦУА ОАГ. Штаб ОАГ выполняет оценку и при необходимости осуществляет руководство ликвидацией возникшей аварийной ситуации. Регулярно ведётся разведка радиационной обстановки в пределах территории ОЯЭ.

**Авария на оборудовании** – это нарушение состояния ОЯЭ, при котором:

- превышены допустимые концентрации радионуклидов в помещениях ОЯЭ или превышена предельная активность радионуклидов, выбрасываемых в окружающую среду;

- превышены установленные пределы доз облучения персонала;

- произошли отказы оборудования СВБ, которые привели к снижению уровня защиты активной зоны или уровня безопасности отработанного ядерного топлива или снижению уровня безопасности оборудования, однако они не создали условий для возникновения общей или местной аварий. К таким событиям причисляются аварии, возникшие при обращении с ядерным топливом, пожар на оборудовании или другая авария, не приведшая к повреждениям систем безопасности, а также злоумышленные действия на площадке оборудования, которые не создают условий для выброса радионуклидов или увеличения радиационного излучения за пределами площадки оборудования.

- Последствия аварии на оборудовании не выходят за пределы СЗЗ. При таких авариях вводится в действие ПАГ, соответствующие инструкции аварийной готовности и при необходимости РУЗА. Осуществляется сбор членов штаба ОАГ в ЦУА, проводится сбор и приведение в готовность необходимых служб и команд ОАГ. Штаб ОАГ выполняет оценку и руководство ликвидацией возникшей аварии. Регулярно ведётся разведка радиационной

обстановки в пределах СЗЗ. При возникновении такой аварии срочные защитные меры за пределами площадки оборудования не проводятся.

**Местная авария** - это нарушение состояния ОЯЭ, при котором:

- произошло распространение радиоактивных продуктов в пределах СЗЗ в количествах, превышающих регламентированные значения, которые требуют неотложного выполнения мер по защите персонала всего предприятия;

- возможно превышение установленных пределов доз облучения населения;

- произошли отказы оборудования СВБ, которые могут привести к повреждению активной зоны или отработанного ядерного топлива.

- При таких авариях вводится в действие ПАГ, инструкции аварийной готовности и соответствующие РУЗА. Осуществляется сбор членов штаба ОАГ в ЦУА. Проводится сбор и приведение в готовность всех служб и команд ОАГ. Штаб ОАГ выполняет оценку и руководство локализацией и ликвидацией возникшей аварии. Регулярно ведётся разведка радиационной обстановки в пределах и за пределами СЗЗ. При таких авариях штабом ОАГ должны быть заранее подготовлены срочные защитные меры для населения, находящегося за пределами СЗЗ (см. приложение 9 настоящего ПАГ), а также защитные мероприятия по ограничению доз облучения персонала ОЯЭ. Срочные защитные меры должны быть уточнены с учетом создавшихся обстоятельств.

**Общая авария** - это нарушение состояния ОЯЭ, при котором:

- произошёл выброс радионуклидов в окружающую среду, что может вызвать загрязнение окружающей среды и облучение населения из-за чего следует применять защитные действия, установленные Нормами гигиены Литвы HN 99: 2011. „Защита населения в случае возникновения радиационной или ядерной аварии“.

- произошло повреждение активной зоны или отработанного ядерного топлива;

- произошли отказы оборудования СВБ, которые могут привести к плавлению активной зоны или отработанного ядерного топлива.

- При таких авариях вводится в действие ПАГ, инструкции аварийной готовности и соответствующие РУЗА. Осуществляется сбор членов штаба ОАГ в ЦУА. Проводится сбор и приведение в готовность всех служб и команд ОАГ. Штаб ОАГ выполняет оценку и руководство ликвидацией возникших аварий. Регулярно ведётся разведка радиационной обстановки в пределах и за пределами СЗЗ. Выполняются неотложные

мероприятия по защите персонала ОЯЭ. При аварии данного класса самоуправления близлежащих городов должны выполнить рекомендованные штабом ОАГ ОАГ неотложные защитные меры по защите населения. При возникновении аварии этого класса вводится Государственный план защиты населения в случае ядерной аварии.

---