

Тема: аварии на АЭС

Классификация аварий на АЭС

Аварии на АЭС с выходом РВ в окружающую среду принято классифицировать по границе распространения и количеству вышедших при аварии радиоактивных веществ. Для классификации аварий на АЭС в России используется Международная шкала МАГАТЭ (табл. 20).

События на АЭС, классифицируемые по Международной шкале МАГАТЭ, относятся к радиационной безопасности. Другие события, например, отказы, влияющие на работоспособность генератора или турбины, должны быть классифицированы вне шкалы. Очень незначительные события, не имеющие значения для безопасности, классифицируются как события ниже шкалы или нулевого уровня.

Шкала разделена на две большие части. Нижние три класса (1 - 3) относятся к происшествиям (инцидентам), а верхние классы (4 - 7) - к авариям. События на АЭС рассматриваются по трем критериям:

1. События, которые сопровождаются выбросами радиоактивных продуктов (РП) в окружающую среду. Наиболее высокий класс соответствует большей ядерной аварии с обширным последствием для населения и окружающей среды.

2. Внутренние последствия событий. Этот показатель изменяется от третьего класса, когда может наблюдаться значительное загрязнение поверхности и облучение персонала, до ниже уровня шкалы или нулевого уровня.

3. Происшествия, сопровождающиеся ухудшением глубоко эшелонированной защиты АЭС.

На стадии проектирования АЭС рассматривается набор проектных аварий и мероприятий по локализации и ликвидации их последствий, в том числе и максимальная проектная авария (гипотетическая), в результате которой оплавляются аварийные ТВЭЛы и радиоактивное заражение выше допустимых величин имеет место за пределами территории АЭС.

Радиационные последствия гипотетической аварии используются для подготовки защитных мероприятий в 30 км зоне АЭС.

Опасность для населения и предприятий, размещённых вблизи АЭС, создают аварии с оплавлением активной зоны, вероятность таких аварий на наших АЭС оценивается фактором риска 10^{-3} - 10^{-4} , т.е. одна авария на одном ядерном реакторе в течение 1-10 тысяч лет при неблагоприятном стечении обстоятельств. С возрастанием количества ядерных реакторов в стране вероятность аварии растёт. Как показывает практический опыт, аварии на АЭС могут быть двух типов: без разрушения ядерного реактора (гипотетические) и с разрушением ядерного реактора.

Гипотетическая авария на АЭС возникает при оплавлении аварийных ТВЭЛов, разрыве магистрального трубопровода и других ситуациях и характеризуется выходом из первого контура пара с радиоактивными веществами через вентиляционную трубу высотой 80 – 150м,

Радиоактивное заражение атмосферы и местности существенно отличается в случае аварии на одноконтурных и двухконтурных ядерных реакторах.

На одноконтурном ядерном реакторе типа РБМК-1000 при гипотетической аварии основной выход пара с РВ происходит в течение 20 мин и практически завершается в течение 1 часа. За это время выходят все радиоактивные вещества, которые находятся в зазорах аварийных ТВЭЛов в газообразном (парообразном) состоянии. Паровое облако с радиоактивными веществами за счёт высокой скорости истечения из вентиляционной трубы поднимается над ней на несколько десятков метров и распространяется по направлению и со скоростью среднего ветра на высоте перемещения облака.

На распространение радиоактивного облака и характер радиоактивного заражения атмосферы и местности будут оказывать влияние направление, скорость ветра и класс вертикальной устойчивости атмосферы.

При попадании человека в радиоактивное облако радиоизотопы йода и цезия будут попадать в организм человека, распределяясь в нём по органам: изотопы йода - в щитовидной железе, а цезия - равномерно по всему организму.

Поскольку воздействие излучения радиоактивного облака будет кратковременным (около 1 ч.), основной вклад в дозу облучения будет давать внутреннее облучение (99 % дозы) за счёт распада радиоизотопов йода, попавших внутрь организма, поэтому размеры зон радиоактивного заражения определяются, исходя из доз внутреннего облучения людей. Поскольку к облучению наиболее чувствительны дети, то по их облучению определяют зоны заражения. В этом случае выделяют только две зоны радиоактивного заражения (РЗ): зону опасного РЗ с дозой внутреннего облучения детей на внешней границе величиной 0,3 Зв (30 бэр) и на внутренней границе 2,5 Зв (250 бэр) и зону чрезвычайно опасного РЗ с дозой внутреннего облучения детей на внешней границе 2,5 Зв. Эти зоны теоретически имеют форму эллипсов, размеры которых зависят от скорости ветра и степени устойчивости атмосферы и находятся при аварии на реакторе РБМК-1000 в пределах: длина от 30 до 250 км и ширина от 5,2 до 7 км для зоны опасного РЗ, а для зоны чрезвычайно опасного РЗ - длина от 6 до 22 км и ширина от 1 до 1,4 км.

При распространении радиоактивного облака над поверхностью земли происходит заражение местности и объектов, находящихся на ней, радиоизотопами йода и цезия. Уровни радиации на оси следа сравнительно небольшие и составляют на один час после аварии на АЭС около 1 Р/ч на расстоянии до 10 км, десятые доли рентгена в час на расстоянии до 50 км от АЭС и сотые доли - на расстоянии до 100 км.

Спад уровней радиации на РЗ местности определяется распадом радиоизотопов йода в течение времени до 3 мес. после аварии, в дальнейшем распадом радионуклидов цезия -134 и 137.

Для двухконтурного реактора типа ВВЭР-1000 гипотетическая авария характеризуется длительным выходом пара с радионуклидами (до 9 сут) в атмосферу через вентиляционную трубу.

Прочный корпус ядерного реактора и система защиты удерживает РВ внутри системы и выход их примерно в 10 раз меньше, чем при аварии на реакторе РБМК -1000 . Сравнительно небольшой выход РВ при гипотетической аварии на ВВЭР-1000 приводит к тому, что независимо от метеоусловий РЗ местности не выходит за пределы 30-км зоны. Форма зон радиоактивного заражения при гипотетической аварии на реакторе ВВЭР-1000 может иметь не только эллипсообразную, но и кольцевую форму вокруг АЭС с выступами - эллипсами по тем направлениям, куда наблюдается повышенный выход радиоактивных веществ из реактора.

В условиях, когда образуется эллипсообразная форма следа, размеры зон РЗ могут составлять: опасного - длина от 4 до 25 км, ширина 1 км; чрезвычайно опасного - длина от 5 до 9 км, ширина от 0.4 до 0.5 км.

Уровни радиации на оси радиоактивного следа через 1 час после аварии составляют десятые доли рентгена в час на расстояниях до 3 км от АЭС и сотые доли рентгена в час на расстояниях от 3 до 11 км от АЭС.

Международная шкала ядерных событий (INES)

7	<p>Крупная авария <i>Авария на Чернобыльской АЭС, Украина, 1986 г.</i> Взрыв и пожар на 4 блоке. Непосредственно после аварии большие дозы облучения получили более 300 человек из персонала станции и пожарных. Окончательный диагноз острой лучевой болезни поставлен 134 человекам. Из них 28 скончались вскоре после аварии, в последующие годы умерли еще 13. во время аварии 3 человека погибли от иных причин. Наибольшему загрязнению подверглись части территорий Брянской, калужской, Тульской и Орловской областей.</p>	<u>А</u> <u>В</u> <u>А</u> <u>Р</u> <u>И</u> <u>Я</u>
6	<p>Серьезная авария <i>Авария на ПО «Маяк», Южный Урал, Россия, 1957 г.</i> Тепловой взрыв емкости-хранилища высокорadioактивных отходов. Образование Восточно-Уральского радиоактивного следа. На основе оценок дозы облучения было принято решение об эвакуации и отселении 10800 человек. Последствий облучения не выявлено.</p>	
5	<p>Авария с риском за пределами площадки <i>Авария на АЭС Тримайлайленд, США, 1979 г.</i> Тяжелая авария с расплавлением активной зоны реактора. При этом защитная оболочка не разрушилась, выброса радиоактивности за ее пределы не было. <i>Авария на заводе Уиндскейл, Великобритания, 1957 г.</i> Тепловой взрыв и пожар на газографитовом промышленном реакторе, служащем для наработки оружейного плутония. Облако радиоактивного выброса прошло над центральными районами Англии и достигло Европы.</p>	
4	<p>Авария без значительного риска за пределами площадки <i>Авария на предприятии ЯТЦ Токаймюра, Япония, 1999 г.</i> Возникновение неуправляемой цепной реакции. Двое рабочих предприятия, непосредственно виновных в аварии, скончались от</p>	

	переоблучения. Незначительный выброс радиоактивности на территории предприятия. Более 300 тыс. человек, проживавших в 10-километровой зоне от завода, были временно эвакуированы.	
3	Серьезный инцидент <i>Авария на Сибирском химическом комбинате, Томск, Россия, 1993 г.</i> Взрывное разрушение одного из технологических аппаратов на радиохимическом заводе. Радиоактивное загрязнение производственных помещений, территории промышленной площадки РХЗ и соседних промышленных площадок. Переоблучения персонала и населения не было.	
2	Инцидент	<i>Событие, важное для безопасности</i>
1	Аномалия	
0	Отклонение	<i>Несущественно для безопасности</i>

Авария на ПО «Маяк», Южный Урал, Россия, 1957 г. Рейтинг 6: Серьезная авария

Кыштым Кыштымская авария 6 уровень «Кыштымская авария» — крупная радиационная техногенная авария, произошедшая 29 сентября 1957 года на химкомбинате «Маяк», расположенном в закрытом городе «Челябинск-40». Сейчас этот город называется Озёрск. Авария называется Кыштымской ввиду того, что город Озёрск был засекречен и отсутствовал на картах до 1990 года. Кыштым — ближайший к нему город. 29 сентября 1957 года в 16:22 из-за выхода из строя системы охлаждения произошёл взрыв ёмкости объёмом 300 кубических метров, где содержалось около 80 м³ высокорadioактивных ядерных отходов. Взрывом, оцениваемым в десятки тонн в тротиловом эквиваленте, ёмкость была разрушена, бетонное перекрытие толщиной 1 метр весом 160 тонн отброшено в сторону, в атмосферу было выброшено около 20 млн кюри радиоактивных веществ. Часть радиоактивных веществ были подняты взрывом на высоту 1—2 км и образовали облако, состоящее из жидких и твёрдых аэрозолей. В течение 10—11 часов радиоактивные вещества выпали на протяжении 300—350 км в северо-восточном направлении от места взрыва (по направлению ветра). В зоне радиационного загрязнения оказалась территория нескольких предприятий комбината «Маяк», военный городок, пожарная часть, колония заключённых и далее территория площадью 23000 кв.км. с населением 270 000 человек в 217 населённых пунктах трёх областей: Челябинской, Свердловской и Тюменской. Сам Челябинск-40 не пострадал. 90 процентов радиационных загрязнений выпали на территории ЗАТО (закрытого административно-территориального образования химкомбината «Маяк»), а остальная часть рассеялась дальше. В ходе ликвидации последствий аварии 23 деревни из наиболее загрязнённых районов с населением от 10 до 12 тысяч человек были отселены, а строения, имущество и скот уничтожены. Для предотвращения разноса радиации в 1959 году решением правительства была образована санитарно-защитная зона на наиболее загрязнённой части радиоактивного следа, где всякая хозяйственная деятельность была

запрещена, а с 1968 года на этой территории образован Восточно-Уральский государственный заповедник. Сейчас зона заражения именуется Восточно-Уральским радиоактивным следом (ВУРС). Общая длина составляла примерно 300 км, при ширине 5-10 км.

ТриМайл Айленд (Three Mile Island), США. Рейтинг: 5 (авария с риском для окружающей среды)

До Чернобыльской аварии, авария на АЭС «Три-Майл Айленд» считалась крупнейшей в истории мировой ядерной энергетики и до сих пор считается самой тяжёлой ядерной аварией в США. 28 марта 1979 года рано утром произошла крупная авария реакторного блока № 2 мощностью 880 МВт (электрических) на АЭС "Тримайл-Айленд", расположенной в двадцати километрах от города Гаррисберга (штат Пенсильвания) и принадлежавшей компании "Метрополитен Эдисон". Блок № 2 на АЭС "Тримайл-Айленд", как оказалось, не был оснащён дополнительной системой обеспечения безопасности, хотя подобные системы на некоторых блоках этой АЭС имеются. Несмотря на то, что ядерное топливо частично расплавилось, оно не прожгло корпус реактора и радиоактивные вещества, в основном, остались внутри. По разным оценкам, радиоактивность благородных газов, выброшенных в атмосферу составила от 2,5 до 13 миллионов кюри, однако выброс опасных нуклидов, таких как йод-131, был незначительным. Территория станции также была загрязнена радиоактивной водой, вытекшей из первого контура. Было решено, что в эвакуации населения, проживавшего рядом со станцией нет необходимости, однако власти посоветовали покинуть 8-километровую зону беременным женщинам и детям дошкольного возраста. Официально работы по устранению последствий аварии были завершены в декабре 1993 года. Была проведена дезактивация территории станции, топливо было выгружено из реактора. Однако, часть радиоактивной воды впиталась в бетон защитной оболочки и эту радиоактивность практически невозможно удалить. Эксплуатация другого реактора станции (ТМІ-1) была возобновлена в 1985 году.

***Интересно:** Авария на АЭС «Три-Майл Айленд» произошла через несколько дней после выхода в прокат кинофильма «Китайский синдром», сюжет которого построен вокруг расследования проблем с надёжностью атомной электростанции, проводимого тележурналисткой и сотрудником станции. В одном из эпизодов показан инцидент, очень похожий на то, что в действительности произошло на «Три-Майл Айленд»: оператор, введённый в заблуждение неисправным датчиком, отключает аварийную подачу воды в активную зону и это едва не приводит к её расплавлению (к «китайскому синдрому»). По ещё одному совпадению, один из персонажей фильма говорит, что такая авария может привести к эвакуации людей с территории «размером с Пенсильванию».*

Авария в Уиндскейле. Рейтинг: 5 (авария с риском для окружающей среды)

Атомная электростанция Уиндскейл на северо-западе Англии начала свою работу в 1956 году. При этом АЭС выполняла также и военно-промышленные заказы, в частности, производила оружейный плутоний. Собственно, именно на производстве, связанном с изготовлением оружейного плутония и произошла авария, которая более двадцати лет считалась наиболее серьёзным происшествием на атомных объектах. На первых порах истории атомной энергетики использовались реакторы, построенные с применением графита. При производстве оружейного плутония нейтроны, воздействовавшие на графит, изменяли его кристаллическую структуру, в которой накапливалась энергия (так называемая энергия Вигнера).

Чтобы освободить эту энергию и восстановить нормальную структуру графита в реакторе, без чего невозможна нормальная работа АЭС, требовалась процедура контролируемого отжига. Для этого закрывалась система воздушного охлаждения реактора, после чего реактор в ходе работы постепенно разогревался. В определённый момент температура в реакторе достигала значения, достаточного для восстановления структуры графита и высвобождения энергии Вигнера. Реактор АЭС в Уиндскейле обладал такой особенностью, что для него требовалось дважды проводить контролируемый отжиг, так как после первой процедуры оставались «неотработанные» участки.

Пожар - очень нежелательное событие на атомной станции

10 октября 1957 года в ходе повторного контролируемого отжига температура в реакторе стала слишком большой, к металлическому урановому топливу из-за неверных действий персонала станции проник воздух, при реакции с которым начался пожар. Пожар привёл к раскалению металлических твэлов (стержней), диаметр которых увеличился и стержни невозможно было извлечь из реактора по специальным каналам. Опасность была в том, что пожар мог привести к началу неконтролируемой реакции, взрыву реактора и радиоактивному заражению большой прилегающей территории. То есть сценарий развития событий напоминал сценарий будущей Чернобыльской катастрофы.

В течение нескольких часов, со второй половины дня 10 октября, всю ночь и до утра 11 октября персонал АЭС пытался потушить пожар в реакторе. Первоначально единственным безопасным способом тушения пожара была выбрана подача в реактор углекислого газа, который должен был устранить кислородную среду и тем самым лишить огонь питательной среды. Тушить реактор водой было крайне опасно, так как в условиях длительного пожара, высокой температуры металлического уранового топлива и твэлов резкий перепад температуры мог привести к единовременному выбросу энергии и взрыву реактора. Однако к утру 11 октября стало понятно, что тушение углекислым газом не помогает, а пожар распространяется и распространился уже на каналы, содержащие 8 тонн уранового топлива. В этой ситуации иного выхода, кроме как затопить

реактор, не было - риск взрыва в результате этого шага был велик, но взрыв при продолжающемся пожаре был неизбежен. В итоге в 8 часов 55 минут 11 октября в реактор начали подавать воду и, к счастью, ночью 12 октября реактор был переведён в «холодное положение», пожар потушен, взрыв предотвращён.

Цена аварии

По введённой в конце XX века Международной шкале ядерных событий авария в Уиндскейле соответствует уровню 5 - авария с риском для окружающей среды. События на АЭС до сих пор являются в значительной степени засекреченными правительством Великобритании, поэтому доступна не вся информация о её последствиях. Известно, что радиоактивные элементы поступали в атмосферу через каналы выведения воздуха АЭС примерно в течение суток - другим способом выводить пар, выделявшийся при тушении реактора водой, было невозможно. В результате в атмосферу, почву и воду в окрестностях АЭС попали такие изотопы, как йод 131, цезий 137, стронций 89 и стронций 90. Согласно правительственным данным, серьёзного вреда окружающей среде или людям, находившимся на станции или возле неё, нанесено не было.

Присутствие изотопов было отмечено в радиусе 4 километров от Уиндскейла, однако их концентрация в воде, растениях и продуктах питания не превышала норму, безопасную для здоровья. При этом независимые исследователи полагают, что негативное воздействие аварии всё-таки было: по их подсчётам, радиационное загрязнение местности вызвало возникновение раковых заболеваний, правда, количество заболевших колеблется от 20 до 200. Кроме того, по не подтверждённой, но и не опровергаемой официальными представителями информации, на самой АЭС погибли до 13 человек, а более 200 пострадали от лучевой болезни.

Авария на предприятии ЯТЦ Токаймура, Япония, 1999 г. Рейтинг 4:

Авария без значительного риска за пределами площадки

Авария на ядерном объекте Токаймура 4 уровень Авария на ядерном объекте Токаймура произошла 30 сентября 1999 года и повлекла за собой смерть двух человек. На тот момент это был наиболее серьёзный инцидент в Японии, связанный с мирным использованием ядерной энергии. Авария случилась на маленьком радиохимическом заводе компании JCO, подразделении Sumitomo Metal Mining, в селе Токай уезда Нака префектуры Ибараки В результате действий рабочих в 10:45 в отстойнике оказалось около 40 литров смеси, содержащей примерно 16 кг урана. Хотя теоретическое значение критической массы даже чистого урана-235 составляет 45 кг, в растворе реальная критическая масса значительно ниже по сравнению с твёрдым топливом благодаря тому, что имевшаяся в растворе вода явилась замедлителем нейтронов; к тому же водяная рубашка вокруг отстойника сыграла роль отражателя нейтронов. В результате критическая масса была существенно превышена и началась самоподдерживающаяся цепная реакция. Рабочий, который добавлял седьмое ведро уранилнитрата в

отстойник и частично свешивался над ним, увидел голубую вспышку черенковского излучения. Он и ещё один рабочий, находившийся поблизости от отстойника, сразу же испытали боль, тошноту, затруднение дыхания и другие симптомы; через несколько минут, уже в помещении для дезактивации, его вырвало и он потерял сознание. Взрыва не было, но следствием ядерной реакции было интенсивное гамма- и нейтронное излучение из отстойника, которое вызвало срабатывание сигнала тревоги, после чего начались действия по локализации аварии. В частности, был эвакуирован 161 человек из 39 жилых домов в радиусе 350 метров от предприятия (им было разрешено вернуться в свои дома через двое суток). Спустя 11 часов после начала аварии на одном из участков за пределами завода был зарегистрирован уровень гамма-излучения в 0,5 миллизивертов в час, что примерно в 1000 раз превышает естественный фон. Цепная реакция продолжалась с перерывами в течение примерно 20 часов, после чего прекратилась благодаря тому, что из окружающей отстойник охлаждающей рубашки слили воду, сыгравшую роль отражателя нейтронов, а в сам отстойник добавили борную кислоту (бор является хорошим поглотителем нейтронов); в этой операции приняли участие 27 работников, которые также получили некоторую дозу облучения. Перерывы в цепной реакции были вызваны тем, что жидкость вскипала, количество воды становилось недостаточным для достижения критичности и цепная реакция затухала. После охлаждения и конденсации воды реакция возобновлялась. Однако, некоторая часть радиоактивных благородных газов и иода-131 всё же попала в атмосферу Трое рабочих, непосредственно работавших с раствором, сильно облучились, получив дозы: один от 10 до 20 зиверт, другой от 6 до 10 зиверт, третий от 1 до 5 зиверт (при том что смертельной в 50 % случаев является доза порядка 3-5 зиверт). Первый умер через 12 недель, второй через 7 месяцев. Всего же облучению подверглись 667 человек (включая работников завода, пожарных и спасателей, а также местных жителей), но, за исключением упомянутых выше троих рабочих, их дозы облучения были незначительны (не более 50 миллизиверт). Тепловую мощность цепной ядерной реакции в отстойнике впоследствии оценивали в диапазоне от 5 до 30 кВт. Данному инциденту был присвоен 4 уровень по международной шкале ядерных событий (INES). Согласно выводам МАГАТЭ, причиной инцидента послужили «человеческая ошибка и серьёзное пренебрежение принципами безопасности»

Авария на «ФОКУСИМЕ»

Многие эксперты склоняются к мнению, что авария на АЭС «Фукусима-1» вызвана не только землетрясением, как единственной причиной, факты говорят, что сама станция достаточно успешно выдержала сейсмические толчки. Однако проблема была в том, что тут произошло наложение двух стихийных бедствий, что и привело к такой масштабной катастрофе. Хотя официальное расследование причин аварии еще не завершено - ее выводы будут готовы только к концу года, предварительные выводы показывают, что

землетрясение было причиной потери внешнего энергоснабжения. После этого, как и полагалось, были запущены дизель - генераторы, но их работа нарушилась пришедшим цунами.

Причины аварии



Таким образом, наложение двух катастрофических событий еще более усугубило и без того сложную ситуацию на АЭС. Станция не выдержала воздействия стихий, по причине того, что была построена еще в 1970 году. Ее проект, с современной точки зрения, уже устарел, и у нее не было средств управления авариями, выходящими за пределы проекта. Результатом неготовности станции было то, что следствием наложения двух аварийных ситуаций – потери внешнего снабжения и отказа дизель – генераторов, было расплавление активной зоны реактора. При этом образовывался радиоактивный пар, который персонал вынужденно сбрасывал в атмосферу. А взрыв выделившегося при этом водорода показал, что на станции не было средств его контроля и подавления, или их было недостаточно.

Все три работавшие до аварии энергоблока остались без достаточного охлаждения, следствием этого, стало снижение уровня теплоносителя, а создаваемое образующимся паром давление, стало резко повышаться. Катастрофическое развитие событий начало развиваться с энергоблока №1. Персонал, для того, чтобы избежать повреждения реактора высоким давлением, стал сбрасывать пар сначала в гермооболочку, а это привело к тому, что в ней давление увеличилось более чем в два раза. Теперь же, чтобы сохранить гермооболочку, пар стали сбрасывать в атмосферу, при этом ответственные организации заявили, что из выбрасываемого пара будут отфильтровываться радионуклиды. Таким образом, удалось сбросить давление в гермооболочке. Но при этом, водород, образовавшийся по причине оголения топлива и окисления оболочки тепловыделяющих элементов, изготовленной из циркония, проник в обстройку реакторного отделения. Высокая температура и концентрация пара привели к последующему взрыву водорода в первом энергоблоке АЭС. Это событие произошло на следующий после землетрясения день, 12 марта утром в 6:36 по всемирному координированному времени (UTC). Последствием взрыва, было разрушение части бетонных конструкций, при этом, корпус реактора не был поврежден, была повреждена только внешняя железобетонная оболочка.

Развитие событий



Сразу после взрыва произошло сильное повышение уровня радиации, достигшее более 1000 мкЗв/час, но через несколько часов, уровень радиации упал до 70,5 мкЗв/час. Передвижные лаборатории, взявшие пробы на территории АЭС, показали наличие цезия, что могло указывать на нарушение герметичности оболочек тепловыделяющих элементов. Правительство Японии в полдень этого же дня, подтвердило, что действительно произошла утечка радиации, но о

масштабах не сообщалось. Впоследствии, официальные лица, как из правительства, так и из компании ТЕРСО, в чьем ведении находится АЭС, заявили, что для охлаждения реактора, в его гермооболочку будет закачиваться морская вода, смешанная с борной кислотой, а по некоторым сведениям, воду будут закачивать и в сам реактор. По официальной версии, водород просочился в пространство между стальной оболочкой и бетонной стеной, там смешавшись с воздухом, он и взорвался.

На следующий день, на АЭС «Фукусима-1» начались проблемы с блоком № 3. У него оказалась поврежденной система аварийного охлаждения, которая должна была подключиться при понижении уровня теплоносителя ниже заданного. Так же, предварительные данные говорили, что тепловыделяющие элементы частично оголились, поэтому опять возникла угроза взрыва водорода. Начался контролируемый сброс пара из гермооболочки, для снижения давления. Так как не было возможности охлаждения реактора блока №3 в него, тоже, начали закачку морской воды.

Однако, принятые меры, не помогли избежать взрыва на третьем энергоблоке. Утром 14 марта на этом блоке прогремел взрыв аналогичный взрыву на первом энергоблоке. При этом и корпус реактора, и гермооболочка не пострадали. Персонал стал восстанавливать аварийное энергообеспечение на 1 и 2 блоках, а подкачка морской воды осуществлялась на 1 и 3 блоки. В дальнейшем, в этот день отказала система аварийного охлаждения и на втором энергоблоке. ТЕРСО сообщила, что на этом блоке принимаются такие же меры, как на 1 и 3 блоках. Во время закачки морской воды во 2 блок, отказал предохранительный клапан для сброса пара, давление возросло, и закачка воды стала невозможной. Из-за временного полного оголения активной зоны, часть тепловыделяющих элементов повредилась, но впоследствии удалось восстановить функцию клапана, и возобновить подачу морской воды.

На этом беды АЭС не закончились. На следующее утро прогремел взрыв и на втором энергоблоке, результатом которого был выход из строя блока для конденсации пара, выходящего из реактора при авариях. Так же, возможно,

была повреждена гермооболочка. В это же время прогремел взрыв в хранилище отработанного ядерного топлива на блоке №4, но пожар удалось потушить за 2 часа. Персонал со станции, из-за возросшего уровня радиации, пришлось эвакуировать, осталось только 50 инженеров.

Утром 17 марта начался сброс морской воды с вертолетов в бассейны 3 и 4 энергоблоков, для устранения возможного повреждения отработавшего топлива. Два вертолета сделал по 4 рейса, попытались наполнить бассейны водой. В дальнейшем из-за масштабов повреждений и широкого фронта работ, перед штабом по ликвидации аварии встает сложная задача по выбору приоритетных работ. Морскую воду нужно закачивать в первые четыре энергоблока, при этом, основной персонал нужен на 5 и 6 блоках, для поддержания их в нормальном состоянии. Все это осложнялось очень высоким уровнем радиации, особенно во время сброса пара, при котором люди должны уходить в укрытие. Поэтому было решено увеличить количество персонала на промплощадке до 130 человек, в числе которых были и солдаты. Удалось восстановить дизельную электростанцию 6 блока, и ее стали использовать для подачи воды, так же и на 5 энергоблок.

На восьмой день, после разрушительного землетрясения, у АЭС было развернуто пожарное спецподразделение, в арсенале которого были мощные автомобили. С их помощью в бассейн отработанного топлива 3 энергоблока заливается вода. В то же время, на крышах 5 и 6 блока просверлили небольшие отверстия, чтобы предотвратить скопление водорода. На следующий день 20 марта, по плану, было намечено восстановление электроснабжения 2 блока АЭС.

Ликвидация



В конце марта возникла необходимость в откачке воды из затопленных турбинных отделений 1,2 и 3 блоков. Если этого не сделать, то восстановление электроснабжения будет невозможно, да и штатные системы не смогут функционировать. Учитывая размеры затопленных помещений, ликвидаторы затруднялись говорить о сроках выполнения этих работ, при этом, конденсаторы турбин, куда планировалось закачивать эту воду, были заполнены, значит, предварительно надо было куда-то откачать воду и из них. Активность воды в турбинных отделениях указывала на то, что гермооболочки первых трех блоков имеют утечку радиоактивной воды. В турбинных отделениях стоит высокий уровень радиации, что значительно тормозит аварийные работы.

Состояние всех реакторов остается относительно стабильным, в них с помощью электронасоса подается пресная вода. Давление в гермооболочках 1,2 и 3 блоков постепенно входит в норму. ТЕРСО приняла решение соорудить очистные сооружения рядом с аварийными блоками, чтобы решить проблему затопленных помещений. Ведутся подготовительные

работы для того, чтобы откачать воду из конденсаторов, в специальные баки для хранения конденсата, а из них в другие емкости.

Начало апреля ознаменовалось тем, что ликвидаторы обнаружили в бетонном канале для прокладки электрокабелей, находящемся на глубине 2 метров, высокоактивную воду. Помимо этого, в стене кабельного канала обнаружили трещину шириной 20 см. Несколько попыток залить трещину бетоном не увенчались успехом, так как вода не давала бетону затвердеть. После этого попробовали заделать трещину специальным полимерным составом, но эта попытка тоже оказалась неудачной. Чтобы не тратить время на эту работу, сотрудники решили удостовериться в том, что именно через эту трещину радиоактивная вода попадает в море, но проведенное исследование опровергло это предположение. Попытки заделать трещину все равно продолжились, а в случае их неудачи, было решено укрепить химическими веществами землю в районе течи.

2 апреля временные электронасосы, подающие воду в гермооболочки первых трех блоков, переключили с мобильных установок на внешнее электропитание. Из конденсатора 2 блока началась откачка воды в баки хранения, для последующей закачки воды в конденсатор, из подвальных помещений энергоблока. ТЕРСО заявила, что вынуждена сбросить в море 10 тысяч тонн низкорadioактивной воды в море, чтобы освободить штатное хранилище для закачки высокорadioактивной воды из 1,2 и 3 блоков. Правительство Японии разрешило пойти на такие меры, тем более, как сообщалось, этот сброс не угрожает здоровью людей живущих неподалеку от АЭС.

Удалось заделать течь из канала для электрокабелей. В гермооболочку первого блока был закачан азот для вытеснения водорода, во избежание возникновения взрывоопасной концентрации. По-прежнему, остро стоит вопрос с закачкой воды в хранилища, их объемов явно не хватает, поэтому по просьбе ТЕРСО, в район аварии направили технический «остров» «Mega-Float», который рассчитан на 10000 тонн воды. По прибытию к месту назначения, его переоборудовали, приспособив для хранения радиоактивной воды. Кроме того, компания собирается строить в районе станции временные хранилища для радиоактивной воды.

В середине апреля мощные афтершоки и 7 – бальное землетрясение, не помешали ходу аварийных работ, однако, некоторые операции пришлось отложить. Из сооружений 2 блока началась откачка воды. В бассейне выдержки 4 блока поднялась температура, и туда было решено закачать 195 тонн воды для его охлаждения. Снизился уровень загрязнения морской воды иодом-131, однако в радиусе 30 км от станции, уровень радиации морской воды еще значительно выше допустимого и, чем ближе к станции, тем он выше. ТЕРСО, для исключения повторной утечки воды, решила соорудить стальные плиты, полностью отгородившие от моря, водозаборы технической воды.

В середине апреля ТЕРСО объявила, что утвержден новый план ликвидации аварии. По этому плану компания намеревается соорудить замкнутую

систему, состоящую из насосов, для откачки воды из помещений, с последующей ее фильтрацией и очисткой, и ее дальнейшим охлаждением. Впоследствии, очищенную воду можно будет использовать для охлаждения реакторов. Благодаря этому, не придется сбрасывать воду в хранилища, ее объем не будет увеличиваться. На работы по монтажу этой системы уйдет около 3 месяцев, а в течение полугода ликвидация аварии должна быть завершена.

Параллельно с этими работами, с помощью техники управляемой дистанционно, убирается территория станции. С 20 апреля над промплощадкой началось полномасштабное распыление химреагентов, для осаждения пыли. Эти реагенты связывают пыль в более крупные частицы, и, она оседает недалеко от места аварии, не уносясь ветром. В конце апреля ТЕРСО начала подготовку к новому этапу охлаждения реакторов.

Последствия аварии



В результате всех этих инцидентов на АЭС «Фукусима-1» возникла утечка радиации, как по воздуху, так и по воде, поэтому властям пришлось эвакуировать население из зоны радиусом 20 км от станции. Кроме того, в зоне отчуждения людям было запрещено находиться, а людям, живущим в радиусе 30 км от станции,

было настоятельно рекомендовано согласиться на эвакуацию. Немного позже, появилась информация, о том, что в некоторых районах Японии обнаружены радиоактивные элементы изотопов цезия и йода. Через две недели после аварии в питьевой воде некоторых префектур был обнаружен радиоактивный йод – 130, однако его концентрация была ниже допустимой. В тот же период в молоке и некоторых продуктах были обнаружены радиоактивные йод – 131 и цезий – 137, и хотя их концентрация не была опасна для здоровья, их употребление временно запретили.

В этот же период в пробах морской воды, взятых в пределах 30 – километровой зоны станции, было обнаружено повышенное содержание йода – 131, и незначительное присутствие цезия – 137. Однако, в дальнейшем, из-за утечки из реакторов радиоактивной воды, концентрация этих веществ в морской воде сильно повысилась и временами достигала концентрации в несколько тысяч раз, превышающей допустимую. Кроме этого, в конце марта в пробах почвы взятых на промплощадке обнаружили незначительную концентрацию плутония. В это же время, во многих регионах планеты, в том числе и в Западной Европе и США, было отмечено присутствие, нехарактерных для этих местностей, радиоактивных веществ. Многие страны временно запретили ввоз продуктов из некоторых префектур Японии.

В финансовом отношении авария на «Фукусиме-1», тоже имеет тяжелые последствия, особенно для Японии и, в частности, для владельца АЭС – компании ТЕРСО. Атомная отрасль тоже понесла значительный урон,

например, после аварии резко снизились котировки уранодобывающих компаний и упали спотовые цены на сырье для атомных электростанций. По оценкам экспертов, постройка новых АЭС, после аварии в Японии, возрастет на 20 – 30%. Компания ТЕРСО, по требованию правительства Японии, обязана выплатить компенсации для 80 тысяч человек, пострадавших от последствий аварии, сумма выплат может достичь \$130 млрд. Сама же компания – владелец АЭС потеряла \$32 млрд своей рыночной стоимости, из-за снижения цены своих акций. И хотя АЭС и была застрахована на несколько миллионов долларов, этот случай, по договору не подпадает под категорию «страхового».

Состояние проблемы на сегодняшний день

Последние сведения о состоянии реактора первого энергоблока, опубликованные компанией ТЕРСО, показывают, что, скорее всего, значительная часть активной зоны расплавилась и, упав на дно реактора, прожгла его, затем попала в герметичную оболочку, повредив ее, поэтому возникла течь в подземные сооружения блока. Сейчас проводятся работы по поиску места течи в гермооболочке. Сегодня идет сооружение защитного укрытия для первого энергоблока, для устранения дальнейшего попадания радиации в атмосферу. Рядом с блоком закончена расчистка территории, что позволяет установить там большой подъемный кран. Весь блок, по плану, будет закрыт сооружением из стального каркаса, прикрытого полиэфирной тканью.

24 мая компания ТЕРСО заявила, что допускает расплавление активных зон 2 и 3 реакторов, произошедшее еще в первые дни аварии, а также что необходимо [купить оригинальный чехол для iPhone 5](#). Так, как по заявлению компании, тех усилий, которые были приложены в первые дни, по всей вероятности, не хватило, чтобы охладить реактор. Так как расход воды был очень большим и, в результате, активная зона оставалась полностью открытой. Поэтому, большая часть топливных элементов 3 блока, а чуть ранее и 2 блока расплавилась и скопилась на днище реакторов. Но компания надеется, что значительная часть топливных элементов сохранилась, так как приборы показывают, что сейчас уровень воды достаточен для предотвращения полного расплавления активной зоны. На сегодня, состояние 2 и 3 блоков стабильное, и не представляет никакой опасности.

26 мая компания заявила, что в очистных сооружениях 3 блока обнаружила утечку радиоактивной воды, поэтому была временно приостановлена откачка воды из 2 и 3 блоков. В это же время проводятся работы на линиях электроснабжения. И, хотя, компания заявляет, что вода скоро перестанет вытекать, но ей придется предпринять определенные меры для устранения проблемы, которые затрудняются из-за высокого уровня радиации, исходящей от загрязненной воды. В последний день мая, на 4 энергоблоке произошел взрыв. По предположениям, это взорвался газовый баллон в груде разбираемых завалов, который задел дистанционно управляемой техникой. Хотя, по заявлению ТЕРСО, сделанному в середине апреля, компания утверждала, что сможет ликвидировать последствия аварии до конца года,

сегодня ясно, что эти сроки соблюдаться не будут. Об этом говорят, как специалисты, так и представители самой компании. График не сможет быть соблюден, из-за очевидного расплавления топлива в первых трех реакторах АЭС. Поэтому, проблему расплавления топлива придется решать в первую очередь, а это отрицательно скажется на всем графике работ, который будет сильно отставать от намеченного. Никаких новых сроков окончания работ, представители компании не предоставили.