**ЧАЭС: авария, потрясшая мир**

В.М. Федуленко, кандидат технических наук (РНЦ «Курчатовский институт»)

Время идет быстро, бегут года. Вот уже наступил трагический юбилей — двадцатилетие аварии на Чернобыльской АЭС. Взрыв 26 апреля 1986 г. четвертого блока ЧАЭС — самая зловещая ядерно-радиационная авария XX века. Неуправляемая цепная реакция в активной зоне реактора, содержащей около 180 тонн уранового топлива, спровоцировала тепловой взрыв страшной силы. Блок был практически полностью разрушен, часть топлива (диоксид урана) и все летучие и газообразные продукты деления урана с радиоактивностью более 50 млн. Ки — выброшены из реактора. Радиоактивному загрязнению с плотностью более 1 Ки/км2 подверглась территория в 130 тыс. км2 с населением более 5 млн. человек. Авария на ЧАЭС потрясла мир. В ликвидации аварии приняли участие более 500 тыс. человек. Пострадало здоровье многих из них, как и тысяч мирных жителей. Чернобыльский синдром — массовая радиофобия — на многие годы определил негативный социально-психологический настрой мировой общественности в отношении к атомной энергии. Предлагаемая статья написана одним из участников рабочей группы экспертов,которая на второй день после аварии была направлена на ЧАЭС с целью выяснения причины аварии и выработки мероприятий по снижению ее радиационных последствий.

Первые дни после аварии 26 апреля 1986 г. часов в 10 утра позвонил А.Я. Крамеров, начальник лаборатории, курирующей реактор РБМК. Обрадовался, что я дома (день выходной, многие разъехались отдыхать). Попросил срочно позвонить А.П. Александрову (АП, как звали его коллеги по Институту атомной энергии им. И.В. Курчатова). На вопрос, что случилось, ответил: «На ЧАЭС крупная авария на 4-м блоке». «Что-нибудь с сепаратором?» — спросил я. — «Кажется, хуже», — ответил Крамеров.

Что может быть хуже взрыва БС — барабана-сепаратора, громоздкой 30-метровой бочки? И таких бочек четыре, по две с каждой стороны реактора. Каждая пронизана почти пятью сотнями труб, да сверху — паропроводы, снизу — опускные трубы. О возможности взрыва БС иногда говорили при обсуждении аварийных ситуаций на РБМК. Представлялось, что это самая страшная авария, которая может быть на реакторе. Ведь взрывы БС бывали на тепловых электростанциях с котлами на естественной циркуляции — со страшными разрушениями.

Звоню по телефону А.П. Нина Васильевна, его секретарь, соединяет.

А.П. сообщил об аварии. Какая она — не ясно. Отправляйтесь, говорит, на Китайгородский проезд в «Союзатомэнерго», будете представителем Института. В главке соберутся все заинтересованные и замешанные. Вечером позвоните мне и расскажите, что и как. Валерий Алексеевич Легасов уже улетает на ЧАЭС.

Так я оказался в кабинете Г.А. Веретенникова в большой группе тоскующих по информации. Информация была скудной: что-то взорвалось, реактор расхолаживается, в активную зону подают воду.

Только к вечеру позвонил К.К. Полушкин (от Главного конструктора — НИКИЭТ): реактор взорван, активная зона разрушена, горит графит. Реакторный цех в развалинах (он облетел реактор на вертолете, снимал на видео).

Все в шоке. По коридору бродит под крепким градусом С.П. Кузнецов (начальник лаборатории теплотехнических расчетов РБМК в НИКИЭТ) и без конца повторяет: «Хохлы взорвали реактор...».

Часов в 12 ночи вернулся домой, позвонил Нине Васильевне. Соединила с А.П. Разговор короткий: «Завтра (уже сегодня) в 8 утра быть в главке. Утром вылетает самолет в Киев. Будете в рабочей группе В.А. Легасова с А.К. Калугиным. Только что принято решение эвакуировать город Припять. Попытайтесь понять, что произошло. Валерий Алексеевич — не реакторщик. Станете ему в помощь и в советники». Такое было напутствие А.П.

Портфель-чемоданчик с командировочным набором всегда готов. На промышленные реакторы поездки были частенько, иногда на аварии, но в основном информационно-деловые. На аварии с РБМК — третья (декабрь 1975 г. — ЛАЭС; сентябрь 1982 г. — ЧАЭС, и вот апрель 1986 г.). Взял с собой два лепестка-респиратора, которые когда-то привез из командировки в Томск. Подумал: пригодятся. Это была вся подготовка к поездке на аварию. Без оформления документов.

Утром 27.04.1986 уже были в Быково. Министерский спецсамолет часам к 12 приземлился на аэродроме под Киевом (кажется, Борисполь). Проехали на «рафике» окраинными улицами Киева. Мирный город, спокойный, ничего не знающий. Понеслись по шоссе в Припять. По сторонам дороги — цветущие сады, спокойные люди. Иногда пашут на лошадях приусадебные участки. Поселки и деревни чистенькие, весенние, в бело-розовом вишнево-яблочном цветении.

По дороге дважды останавливались. Дозиметристы из «восьмерки» (НИКИЭТ) расчехляли приборы, измеряли фон. Чувствовалось, что фон повышенный, но не катастрофичный (в это время ветер дул не в нашу строну). Километров за 10 до Припяти остановились в селе. У обочины дороги и на небольшой площади несколько автобусов с плачущими женщинами, детьми. Поняли — эвакуированные. Около автобусов много людей, видимо, местных. Разговаривают с сидящими в автобусах. Разговоры тихие, без громких эмоций, но чувствуется тревога в глазах, поведении.

На подъезде к Припяти встретили колонну пустых автобусов. Было около 3-х часов дня. Значит, эвакуировали всех, остались даже пустые автобусы. Много гаишников. Въехали в город. Пустой, притихший. На улицах — ни души. Подъехали к горкому. Рядом гостиница. В горкоме людей много, в вестибюле — плачущая женщина с мальчиком лет десяти. Почему-то не уехали со всеми.

Нашли В.А. Легасова. Он отправил нас в гостиницу. Напутствие: работать начнем завтра. А пока отдыхайте.

Расположились в гостинце. Познакомился с соседом по номеру. Киевлянин, врач. Рассказал, что вчера было видно легкое зарево над разрушенным блоком. Утром и днем — небольшое парение. Из окна коридора (на 3-м или 4-м этаже) видны верхние части блоков станции. Парения не видно. Собрались в номере у дозиметристов из «восьмерки». Фон на улице около одного рентгена в час (~300 мкР/с). На улицу лучше не выходить. Это совет. Правда, захотелось есть. Столовая почти рядом. Пошли с Калугиным (начальник отдела РБК Курчатовского института). Сели за столик. Оказывается, в столовой — коммунизм, самообслуживание. Ужин бесплатный. Столовая ликвидируется. В буфете бери все, что можешь и хочешь. Молодые ребята (работники станции) запасались блоками сигарет «BT». Набирали полные авоськи. Вообще-то я не курю, но один блок прихватил.

На улице мелкая морось, туман, глубокие сумерки. Подумалось: голова будет «грязная», нет ни кепки, ни чепчика. На подходе к гостинице встретили какого-то товарища. Он нас отругал: «Чего бродите, на улице три рентгена в час!»

Собрались в гостинице в номере у К.К. Полушкина. Показал отснятую видеопленку. Увидели развалы станции, кратер центрального зала, заваленный трубами, арматурой строительной. В одном месте, на краю шахты реактора, — красное пятно в виде размытого полумесяца. Значит, схема «Е» («Елена», верхняя биологическая защита реактора) сдвинута так, что вышла из шахты, виден раскаленный графит. Однако практически вся шахта закрыта «Еленой», которая еще держится в горизонтальном положении на частоколе стальных участков каналов. Циркониевые трубы, скорее всего, сгорели, держится «Елена» на стальных огарках труб, которые, видимо, упираются в графит. Дыма и пара в шахте нет. Так мы обсудили увиденное и пошли спать.

Пришел Ю.Э. Хандамиров (инженер-дозиметрист из «восьмерки») и посоветовал кровати сдвинуть от окна подальше (от окна сильный фон). А лучше вообще перебраться с кроватями в коридор. Показал шкалу дозприбора. У окна показания пришлось перевести на два щелчка выше. Тут впервые екнула селезенка, что-то защемило под ложечкой. Хозяин дозприбора успокоил:ничего страшного. Уснули, кошмары не снились.

28.04.1986 утром пошли в райисполком, в штаб. Позавтракали в сухомятку хлебом с вареной колбасой, выпили стакан чаю. Все это на ходу, на подоконнике. О фоне от окна забыли. Дали нам еще горсть таблеток с йодом. Как глотать, чем запивать — никто не знает. Потом выяснилось, что таблетки мы глотали слишком поздно, щитовидка уже была заполнена йодом из реактора.

Валерий Алексеевич Легасов (ВАЛ) на ходу, второпях встретился с нами, попросил побывать на блоке, посмотреть документацию, которую должны были извлечь из 15-ой комнаты (пультовая операторов блока). Посмотреть докладные записки операторов, которые все уже в Москве, в 6-ой клинической больнице.

Снабдил нас ВАЛ толстыми, блестящими дозиметрами-карандашами. Я сунул дозиметр в карман и о нем забыл. Как потом оказалось, дозиметры были не заряжены, не подготовлены к использованию.

Приехали на блок, разместились с документацией и лентами программы ДРЕГ (ленты ДРЕГ — громадные листы бумаги с информацией по диагностике и регистрации параметров и состояния систем реакторной установки перед и в момент аварии реактора) в большой подвальной комнате. Читали докладные записки, говорили с несколькими оставшимися с нами местными инженерами — персоналом. Поразил рассказ А.Л. Гобова, начальника лаборатории по безопасности реакторов. Он мне был знаком еще по томским промышленнным реакторам. Александр Львович показал фотографии кусков валяющегося у стен 4-го блока графита вместе с остатками труб технологических каналов, а в них — куски твэлов! Первое впечатление — не может быть. Как? Откуда! Тут только стали проясняться масштабы аварийного взрыва! Графитовые блоки вылетели из шахты реактора! Как снимал, подробно не стал рассказывать, но «катался» он по площадке у разрушенного блока на бронетранспортере.

Рассматривая ленты ДРЕГ, Калугин обнаружил запись оперативного запаса реактивности перед взрывом: всего 2 стержня. Это катастрофическое, грубейшее нарушение Технологического регламента: при снижении запаса реактивности до 15 стержней реактор должен быть немедленно заглушен. А перед взрывом он работал при 2-х стержнях.

Часа в три дня позвонил Валерий Алексеевич. Попросил приехать в штаб. Собрались, вышли на площадку перед входом в административный корпус. До разрушенного блока несколько сот метров, но он не виден. Закрывают стены целых блоков, их три. Молодые ребята (смена) на площадке курят, болтают. Пролетел вертолет. На подвеске сетка с грузом. Высота небольшая, все видно. Завис над разрушенным блоком. Сбросил груз. Улетел. Толпа на открытой площадке спокойна. Лица веселые, ни на одном нет даже «лепестка». Тут я нащупал в кармане свои «лепестки», вспомнил! Надевать как-то неловко, у всех физиономии-то открыты.

Подошел автобус, львовский. Заполнили автобус полностью. Едем стоя. Проезжаем мимо разрушенного блока с северной стороны, где дорога менее загрязнена, но вся разбита и страшно пыльная. В салоне — пылища (автобус старый, дырявый), еще и гарь от выхлопных газов. Вспомнил о «лепестке». Вытащил. Прикрыл рот и нос рукой с раскрытым «лепестком». Вот не помню, отдал ли я второй «лепесток» Калугину. Во всяком случае, свой я потом выбросил, а второй больше мне не попадался.

Проезжая мимо разрушенного блока, воочию увидели масштаб катастрофы с расстояния не больше 100 м (может быть и меньше). Так показалось. Автобус шел очень медленно, развал как на ладони: голубенькие корпуса вертикальных насосов, какие-то вертикальные емкости, трубопроводы. Вверху — голые «ребра» барабана-сепаратора, черные лохмотья тепловой защиты. Стены разрушены на мелкие куски и наклонной горкой подступают к корпусам насосов.

Вдруг внимание переключилось на появившийся над блоком вертолет. Снова сбросил мешки с песком (как потом выяснилось) в развал шахты реактора. Через секунду над разрушенным блоком поднялся черный гриб пыли и гари (точь-в-точь как гриб атомного взрыва, только миниатюрный). Шляпа черного зловещего гриба на 3-4 секунды достигла высоты примерно двух третей вентиляционной трубы и медленно стала оседать вниз черными косматыми, тяжелыми струями, похожими на дождь из тучи на фоне серого неба. Через 10-12 секунд гриб исчез, небо очистилось. Ветер снес тучу-гриб не в нашу сторону. Повезло: автобус направили по самому безопасному маршруту. Эта картинка с клубящимся черным грибом над разрушенным реактором в голове и перед глазами уже 20 лет.

Встретились с В.А. Легасовым. Задание новое, а причина взрыва реактора — потом. Главное — что делать сейчас, к чему готовиться? Как поведет себя разрушенный реактор, как погасить графит, не будет ли новой цепной реакции?

Высокой правительственной комиссией принято решение — забрасывать с вертолета шахту реактора песком (чтобы прекратить горение графита), бросать борную кислоту (чтобы исключить возникновение новой цепной реакции), бросать свинец (чтобы снизить температуру горящего графита). Завтра привезут водяную пушку для заливки шахты водой с расстояния около 100 м. Есть опасность плавления и разрушения схемы «ОР» («Ольга — Роман» — нижняя биологическая защита, на которую опирается графитовая кладка и некоторые другие конструкции активной зоны), что может привести к «китайскому синдрому», то есть к попаданию расплавленного топлива в подпочвенные воды сквозь проплавленную фундаментную плиту. Принято решение строить под реактором теплообменник, чтобы поймать и охладить расплав. Был еще разговор о жидком азоте. Идея совсем была непонятной: азота в воздухе и так полно, главное — поступление кислорода, его не отведешь от кладки. Примерно о таком сценарии развития работ рассказал В.А. Легасов. Попросил сразу, сходу прокомментировать намеченные меры, а в последующие часы и дни продумать их и оценить, если будет достаточно смекалки.

Подробно о реакции Калугина говорить не буду. Александр Константинович сразу сказал, что цепная реакция исключена, твэлы разрушены, идет только горение графита.

Мои ответы более подробно.

В.М.Ф.: Горение графита прекратить песком и свинцом невозможно, так как шахта реактора вскрыта, но закрыта «Еленой». Бросать песок и свинец бесполезно, на графит не попадут. Даже вредно и очень: каждый бросок-порция вызывает подвижку радиоактивной пыли, остатков диспергированного топлива, все это вылетает с раскаленными газами наружу после сброса порции песка. Тому мы были свидетели. Азот не прекратит поступление в кладку кислорода. О загрязнении окрестностей свинцом тогда не говорили.

Легасов: Эти действия рекомендовали в передаче по радио шведы. Решение принято.

В.М.Ф.: Но шведы не знают реальной картины разрушения и ситуации с шахтой реактора.

Легасов: Да, активность после начала сброса песка и прочего резко полезла вверх. Но, скорее всего, это временно.

В.М.Ф.: Действие водяной пушки бесполезно и даже вредно. Вода усилит, активизирует горение графита. Недаром уголь в былые военные времена в «буржуйках» смачивали водой для лучшего горения. Да и в промышленной технологии применяют водяной пар для активизации горения угля и кокса. Поток воды в виде разрозненных капель дождя превратится в пар на раскаленных поверхностях конструкций и графита, вынос активности с паром значительно усилится. Это все равно, что лить воду в не полностью прогоревший костер. Конечно, со временем костер погаснет, но сколько пепла улетит с паром?

Легасов: Это предложение прозвучало в радиопередаче от англичан. Они предлагают залить активную зону большим количеством воды.

В.М.Ф.: Вряд ли англичане верно представляют масштабы нашего «костра» и возможностей «пушки».

(На следующий день Валерий Алексеевич сказал, что высокая комиссия отказалась от применения «пушки» после обсуждения и категорического «против» пожарных).

В.М.Ф.: Подкапываться под реактор и строить под ним теплообменик не нужно. Проплавления схемы «ОР» не будет. Почему? Схема «ОР» сейчас превратилась в колосник кузнечного горна. Нижние водяные коммуникации взрывом сорваны («калачи» каналов оторваны). Верхние участки каналов тоже оторваны (схема «Е» заметно смещена вверх и в сторону, это было видно на видеопленке). Циркониевые трубы каналов сгорели. Стены помещений главных циркуляционных насосов (ГЦН) разрушены. Взрывная волна дошла до ГЦН, а это значит, что «калачи» оторваны, доступ воздуху через отверстия в схеме «ОР» к горящему графиту снизу открыт, сверху тоже отток газов свободен. Так что гореть графит будет беспрепятственно, пока не сгорит весь, а схема «ОР» — колосник останется целой, так как охлаждается потоком воздуха снизу.

Легасов: Где гарантия такого представления последствий взрыва?

В.М.Ф.: Гарантии нет. Это первое, что приходит в голову, когда прокручиваешь мысленно всю картину скорости подъема черного столба пыли над шахтой реактора после сброса порции песка. Воздух явно проходит через «ОР» и кладку и раскаленный выходит наружу.

Потом оказалось, что я был прав, но не совсем. Схема «ОР» на самом деле превратилась в колосник кузнечного горна, не проплавилась, только от парового взрыва активной зоны она просела вниз на несколько метров, так как был смят «крест» схемы «С», на котором держалась схема «ОР». Доступ воздуха был все равно свободным, иначе горение графита продолжалось бы значительно дольше.

Я понял, что решения высокой комиссии не изменить; там, в комиссии, более весомые советники, когда услышал заключительную фразу нашей встречи: «Нас не поймут, если мы ничего не будем делать...».

Вот почему ходил анекдот (а может быть это быль): вокруг разрушенного блока начиналось активное движение техники (бронетранспортеров), поднимались тучи пыли, когда над ЧАЭС пролетали американские спутники-шпионы. Они должны были запечатлеть бурную деятельность по ликвидации последствий аварии.

Мы расстались с Валерием Алексеевичем после получения нового задания: оценить, сколько времени будет гореть графит.

Я подошел к окну на лестнице. Возле здания (во дворе) была сооружена пирамида из зеленых ящиков явно военного происхождения. Поинтересовался, что это такое. Стоящий рядом парень ответил, что военные в ящиках привезли свинцовую дробь. Как-то не поверилось: уж больно ящики будут тяжелые, да от такой тяжести сами развалятся. Любопытство взяло верх, пошел смотреть. Один ящик был разбит, крышка сбита. Внутри плотно уложены зеленые военные респираторы. Рассовал по карманам штук пять. Подумал — пригодятся. Поделюсь с Калугиным.

29.04.1986 в штабе утром встретились и обсуждали докладную Мельниченко. Он был ответственным за проведение эксперимента по выбегу ГЦН от Донецкэнерго. Прочел программу эксперимента. Обратил внимание на фразу (не дословно): «Во время эксперимента работы проводятся в соответствии с действующим Технологическим регламентом реактора». Попадись мне эта программа раньше, я бы ее подписал, хотя в ней и не было серьезного обоснования безопасности эксперимента, анализа работы самого реактора во время эксперимента. Да и не могло быть. Эксперимент считался рядовым. Вот только операторыреакторщики нарушили несколько требований Регламента, когда проводили эксперимент. Но сейчас не об этом речь.

Часам к 12-ти всю нашу рабочую комиссию посадили в автобус и повезли подальше от радиоактивного вулкана — горящего нутра реактора. Пункт назначения — пионерлагерь «Сказочный». По дороге остановились около места, где набивали песком бумажные мешки для сбрасывания в шахту реактора 4-го блока. О чем-то беседовали руководители работ. Поразила картина, которая долго еще будет перед глазами: на фоне туманной громады станции домики небольшой деревни в километре от нас. За заборчиком ходит пахарь за плугом с лошадью. Обрабатывает приусадебный участок. Сельская идиллия на радиоактивном поле.

Еще раз остановились по дороге в пионерлагерь. Почему ехали так долго, как-то забылось. Сидели на прошлогодней и молодой травке. Подходят А.К. Калугин с Е.П. Сироткиным (физик из НИКИТЭТа). Сели. Александр Константинович тихо говорит: «А реактор-то взорвался от сброса стержней аварийной защиты. Помнишь отчет Саши Краюшкина? 10 номиналов по мощности после сброса стержней A3, если все они перед сбросом находятся в верхнем положении».

В пионерлагере оценили, сколько времени будет гореть графит. Составили докладную записку В.А. Легасову, По оценке — гореть ему 10-15 суток, В основу оценки легло наблюдение радиоактивного «гриба» над шахтой реактора (кажется, ошибся по времени немного). К концу первой декады мая в нагруженная песком и свинцом «Елена» перевернулась и встала почти в вертикальное положение уже в пустой шахте. Графит практически полностью выгорел. Трубы каналов обгорели так, что из схемы «Е» снизу торчат только огарки.

Переворот «Елены» приняли за взрыв. Было непонятно, по какой причине он произошел. Появилось много радиоактивной пыли и разговоров о том, что реактор снова «задышал». Анализ выбросов показал, что это не так.

В пионерлагере нас впервые переодели в рабочие комбинезоны. В столовой стояли тарелки, полные таблеток с йодом.

Когда вернулись домой в конце первой декады мая, на мне был уже 4-й комплект рабочей одежды. По мере удаления от станции пришлось переодеваться. Последнее переодевание было на аэродроме. Долго ждали посадки в самолет. Сидели в автобусе с открытой дверью. Автобус привлекал внимание: все пассажиры в серых робах-комбинезонах. Подходили, спрашивали об аварии. Прислушивались к разговорам. Мы молчали.

В Быково прямо в самолете нас встретила группа наших дозиметристов во главе с сотрудниками Курчатовского института Е.О. Адамовым и А.Е. Бороховичем. Переносной дозиметр в руках Адамова резво трещал, когда датчик подносили к ботинкам, комбинезону. Авторучка в кармане затрещала резвее. Голова — треск как пулеметная дробь. Снова екнула селезенка, когда датчик поднесли к горлу. Пулеметная дробь перешла в сплошное равномерное верещание. Дозиметристы, может быть, посмеются над моей оценкой ситуации, но голову после бани в санпропускнике я долго и безнадежно мыл. Пришлось остричься.

В августе 1986 г. я возвращался из командировки на ЧАЭС вместе с начальником группы по безопасности Чернышевым. Фамилию запомнил, так как по материнской линии я Чернышев, В самолете и у меня на квартире долго беседовали о причинах взрыва реактора. Собеседник мой страшно удивился, когда узнал, что реактор РБМК-1000 на ЧАЭС мог взорваться в любой момент, если нарушить Регламент, допустить снижение оперативного запаса реактивности до состояния, когда все стержни СУЗ находятся в верхнем положении, мощность снижена, а температура воды на входе в каналы максимальна. Если в этот момент сработает аварийная защита реактора, взрыв неизбежен. А мы, — проговорил он, — несколько раз в год выходили на мощность после кратковременных остановок в таком состоянии реактора. Не успевали вовремя подняться и теряли запас реактивности, боялись попасть в «йодную яму». Диспетчер требовал подъема мощности реактора (для него — «самовара») любой ценой. Обычно эта ситуация возникала зимой, когда особенно требовалась энергия. Везло. Таков был реактор...

Что же случилось на 4-м блоке 26 апреля 1986г.?

Объяснить причины взрыва реактора задача непростая, так как единая точка зрения до сих пор отсутствует.

Как известно, прототипом реактора РБМК стал промышленный реактор-наработчик оружейного плутония. Два таких реактора недалеко от Томска и один — недалеко от Красноярска до сих пор надежно работают (вот уже больше 40 лет) и производят тепло и электроэнергию. Остановлены они будут, скорее всего, после пуска замещающих мощностей по теплу, иначе города-спутники Северск и Железногорск останутся без коммунального тепла.

Так вот, в технических условиях на промышленный реактор было записано, что стержни аварийной защиты должны останавливать реактор за 2-3 с. Это требование на промышленных реакторах выполняется с момента их строительства, стержни аварийной защиты полностью вводятся в активную зону за время около 5-6 с, а «глушится» реактор к 3-ей секунде, когда стержни примерно наполовину входят в его активную зону.

В технических условиях на РБМК-1000 было записано такое же требование. Однако в процессе работы над проектом реактора оказалось, что осуществить ускоренный ввод стержней СУЗ в активную зону трудно. В промышленных реакторах контур охлаждения стержней СУЗ разомкнут, охлаждающая вода, пройдя реактор, не возвращается обратно в контур, поэтому в нем сравнительно легко организовать охлаждение каналов СУЗ путем так называемого пленочного охлаждения, при котором стержни под собственным весом «падают» практически в пустой канал. В реакторе РБМК контур замкнут, каналы СУЗ заполнены водой, пленочное охлаждение организовать затруднительно, поэтому стержни СУЗ вводятся принудительно и с меньшей скоростью. Проектанты пошли по упрощенному пути: физический «вес» стержней, т.е. способность поглощать нейтроны, увеличили, а скорость ввода уменьшили так, что в активную зону стержни вводились за 18 с, т.е. почти в три раза медленнее, чем в промышленных реакторах. Когда об этой особенности реактора услышали американцы в Вене в МАГАТЭ в 1986 г. из уст В.А. Легасова (он рассказывал о Чернобыльской катастрофе), то очень удивились, заявив, что еще в 1953 г. ими было выдвинуто категорическое требование к скорости ввода аварийных стержней в 2-3 с. чтобы исключить любую возможность неуправляемого разгона реактора на мгновенных нейтронах (это требование на промышленных реакторах реализовано с момента их пуска.

Еще об одной роковой особенности аварийной защиты реактора. Однажды, в середине 70-х годов, в институте Курчатова обсуждались строительные конструкции ЧАЭС. Речь зашла о бетонных конструкциях подреакторного помещения: уж слишком оно показалось глубоким. В результате обсуждения было принято предложение сэкономить бетон и уменьшить его глубину почти на 2 метра. В результате пришлось уменьшить длину вытеснителей стержней СУЗ до 4.5 м, так как полная их длина (7 м) уже помещалась в подреакторном пространстве, если стержни СУЗ введены в активную зону на всю их длину. В общем-то, решение было обоснованным: вытеснители стержней СУЗ были введены в проект для экономии нейтронов, а эффективность их оптимальна, если вытеснители (в случае вывода поглощающих стержней полностью из активной зоны) располагаются в центральной ее части. Верхние и нижние края вытеснителей, располагаясь на периферии, практически бесполезны, так как там мало нейтронов. Поясним, что вытеснители выполнены из графита в оболочке из сплава алюминия. Графит значительно меньше поглощает нейтроны, чем вода, поэтому вытеснители призваны удалять воду из каналов СУЗ, когда поглощающие стержни выведены в верхнее положение и не участвуют в регулировании мощности реактора. Это решение привело к тому, что в нижней части активной зоны в каналах СУЗ оказался столб воды около 1,2 м высотой, когда поглощающая часть стержней выведена из активной зоны. Такая ситуация часто возникает в переходных режимах, особенно после кратковременных остановок или перевода реактора с большей мощности на меньшую. В это время снижается запас реактивности вследствие «отравления» активной зоны ксеноном, стержни из реактора выводятся в верхнее положение. Чтобы поддержать мощность на меньшем уровне или вывести ее на необходимый уровень при пуске, нужно уменьшить «бесполезное» поглощение тепловых нейтронов, что и делается путем извлечения стержней СУЗ из активной зоны.

И третья особенность РБМК. Во время проектирования реактора да и в последующие годы не знали с достаточной уверенностью (не было расчетных программ и условий для надежных реакторных экспериментов), каковы будут изменения реактивности, если в рабочих каналах, в случае роста мощности, возрастает количество пара, т.е. уменьшится количество «плотной» воды, поглощающая способность которой значительно выше пара (этот эффект назван «плотностным эффектом реактивности»). Тогда считалось, что плотностной (или паровой) эффект реактивности если и положителен, то только на этапе среднего изменения плотности теплоносителя, а когда вода в канале полностью заменяется паром — эффект отрицателен, т.е. мощность реактора должна снижаться. При положительном плотностном эффекте реактивности мощность реактора возрастает с ростом количество пара, соответственно «подхлестывается» и рост мощности реактора.

Как оказалось впоследствии, в результате расчетов по новым программам, замена воды паром вызывала резкий скачок реактивности, причем такой величины, что мощность реактора должна была возрастать на «мгновенных» нейтронах за несколько секунд до значений, превышающих начальную в десятки и сотни раз.

Есть еще один эффект, значение которого для устойчивой работы реактора не было достаточно осознано — это «двугорбость» распределения энерговыделения по высоте активной зоны, что связано с большим выгоранием топлива в центре зоны по сравнению с верхней и нижней периферией (в условиях стационарного режима перегрузок топлива).

Вот четыре эффекта, которые привели к взрыву реактора такого масштаба, о возможности которого разработчики того времени практически не знали и не догадывались.

Тут следует сказать, что кое-что все же знали по расчетам и экспериментам. Еще за три года до аварии расчетом было показано: если все стержни СУЗ, расположенные в верхнем положении, т.е. когда поглощающая (активная) их часть выведена из активной зоны, будут вводиться в активную зону, то в первые секунды действия стержней вследствие вытеснения воды из нижней части каналов СУЗ графитовыми вытеснителями возможен кратковременный всплеск мощности реактора до десяти раз от начальной мощности.

Возможный рост реактивности вследствие замещения воды в канале паром с ростом мощности в данном расчете не рассматривался. В связи с этим и по другим причинам, обусловленным устойчивостью работы реактора, в технологическом регламенте существовал пункт, категорически требующий «глушить» мощность реактора, если количество стержней СУЗ в активной зоне достигает пятнадцати. В этом случае поглощающая часть стержней СУЗ, находящаяся внутри активной зоны, по мере их дальнейшего ввода в активную зону снижала реактивность реактора и приводила к его остановке.

За три года до аварии были приняты решения о переделке стержней СУЗ с целью исключить «эффект вытеснителей». Однако ничего не было сделано.

Наша рабочая комиссия сразу заметила нарушение Регламента в действиях операторов: в активной зоне находилось всего 2 стержня СУЗ вместо необходимых больше пятнадцати для продолжения работы. Но мог ли сброс стержней СУЗ в условиях эксперимента с выбегом турбин привести к такому взрыву?

По лентам самописцев было видно, что за несколько (1-2) секунд до роста давления в сепараторах, и после роста (значит, и взрыва) расход на всех 8-ми насосах резко упал практически до нуля. Появилась идея: при малой мощности и при их неустойчивой работе, все насосы закавитировали, так как там появился пар, произошел срыв их работы и подачи воды в реактор. Именно поэтому произошел перегрев твэлов и труб ТК, что привело к их разрыву и дальнейшему развитию аварии. (В момент эксперимента с выбегом части насосов все насосы работали не в номинальном режиме с заметным превышением расхода, что увеличивало вероятность их срыва).

Идея понравилась почти всем, особенно представителям Главного конструктора реактора. Последующий расчетный анализ по более совершенным программам показал, что причина взрыва реактора была в другом. Вот как развивались события, по моим представлениям.

Во время эксперимента с отключением турбин и выбегом насосов мощность ректора с трудом поддерживалась на низком уровне (~20% от номинала). Запас реактивности падал из-за «отравления» ксеноном. Чтобы поддержать мощность и довести эксперимент до логического конца,операторы практически все стержни СУЗ вывели из активной зоны (осталось в соответствии с записями на лентах ДРЭГ всего 2 стержня). Тем самым было нарушено важное для безопасности положение Регламента. Эксперимент почти закончили, реактор работал неустойчиво. Слышен был шум в насосном помещении — кавитационный грохот, с которым хорошо знаком эксплуатационный персонал при нарушении оптимальных условий работы насосов. Видимо в этот момент оператор реактора заметил небольшой рост мощности реактора, связанный с ростом количества пара в каналах. Ситуация напряженная, стержни автоматического регулирования мощности бездействуют. Им принято вполне разумное решение «глушить» реактор «кнопкой» аварийной защиты. Через две-три секунды вода была вытеснена из всех каналов СУЗ, введена положительная реактивность, достаточная для роста мощности нижней части активной зоны. Верхняя часть активной зоны снижает свою мощность, так как в нее вводятся поглощающие стержни. Однако нижняя ее часть продолжает разгоняться, так как реактор в какой-то степени разделен на две мало связанные друг с другом части вследствие двугорбости кривой энерговыделения по высоте реактора. Начался разгон мощности реактора на мгновенных нейтронах вследствие вытеснения воды из нижней части каналов СУЗ и положительного эффекта реактивности из-за роста количества пара в нижней части рабочих каналов. Появление пара в нижней части рабочих каналов (для начала кипения большого роста мощности не требовалось, т.к. вода находилась практически при температуре насыщения) привело к полному выталкиванию воды из технологических каналов. Поглощающая часть стержней СУЗ к этому моменту вошла в активную зону всего на 1,5-2 метра и не препятствовала росту реактивности в нижней пятиметровой части активной зоны. Разгон мощности на мгновенных нейтронах в сотни раз от номинала за первые 2-3 секунды «взорвал» твэлы. Насосы прекратили подачу воды вследствие резкого повышения гидравлического сопротивления активной зоны. Раскаленная топливная «пыль» с паром (на фоне роста давления в активной зоне и в сепараторе до 80-85 атмосфер и полного прекращения расхода в насосах) перегрела, в основном излучением, трубы технологических каналов до температур, при которых произошел их разрыв. Именно в это время слышались шум и рокот из центрального зала, которые приняли за первый взрыв в центральном зале. Вода и пар с перегретой топливной «пылью» заполнили реакторное пространство, попали на горячий графит, температура которого к этому времени была порядка 350-400°С. Давление в реакторном пространстве возросло до значений, при которых была сорвана верхняя биологическая защита (схема «Е», «Елена»), разорваны вверху каналы, оборваны нижние трубы-калачи, подводящие воду к рабочим каналам. Под давлением в РП просел нижний «крест» (схема «С»), на который опирается нижняя биологическая защита (схема «ОР»).

Тепловой взрыв реактора был вторым взрывом, который слышал персонал. В этот момент были разрушены верхние и нижние коммуникации, отводящие пароводяную смесь и подводящие воду к технологическим каналом, помещения насосов и барабанов-сепараторов. Вместе с паром в отверстие после подъема и сдвига схемы «Е» были выброшены наружу графитовые блоки с кусками циркониевых труб и тепловыделяющих сборок. Находящийся снаружи здания реактора персонал (по докладным запискам) видел искры и раскаленные куски чего-то, напоминающие «горящие тряпки».

Первая, начальная фаза чернобыльской трагедии, как я ее представляю, закончилась. Оставшаяся в шахте реактора большая часть топлива и графита стала разогреваться за счет остаточного энерговыделения продуктов деления в топливе. Охлаждающая вода в принципе уже не могла попасть в активную зону, так как все коммуникации были порваны. Графит нагрелся до 700-800°С и сам стал гореть. Температура горящего графита, могла возрасти до 1500°С. За несколько дней графит, циркониевые трубы, циркониевые оболочки твэлов практически полностью выгорели. Тяжелые фракции топлива в шахте реактора остались (некоторые эксперты утверждают, что там ничего не осталось), летучие и газообразные осколки деления урана оказались выброшенными в атмосферу.

Чем же можно закончить? Вот несколько ЕСЛИ БЫ. Если бы реактор был спроектирован добротно, без отмеченных выше недостатков в системе управления защиты (СУЗ) и в характеристиках активной зоны, и еще если бы вовремя модернизировали СУЗ, если бы был подготовленный, дисциплинированный и квалифицированный персонал... Если бы проектанты-конструкторы всерьез провели исследование возможных аварийных ситуаций и довели их результаты до эксплуатационного персонала... Если бы в начале 80-х годов провели ВАБ реакторов РБМК...

ВАБ — вероятностный анализ безопасности. В США его основные принципы были разработаны после аварии на атомной станции в Пенсильвании Тримайл Айленд в 1979 году. В ВАБ рассматриваются самые вероятные и невероятные, возможные и невозможные аварийные события и их сочетания и наложения. Уж возможность этой аварии была бы тщательно рассмотрена, а ее вероятность была бы минимизирована.

Кстати, диверсия в виде осмысленного доведения реактора до аварийного состояния в условиях нарушения регламента, скорее всего была бы в ВАБ рассмотрена тоже. Но все — это умные мысли на лестнице.

А закончить хочется известным выражением: не ищите злого умысла там, где все объясняется глупостью. Или не ищите потусторонних сил там, где все объясняется силами земными (по поводу фантазий вроде землетрясения под реактором).