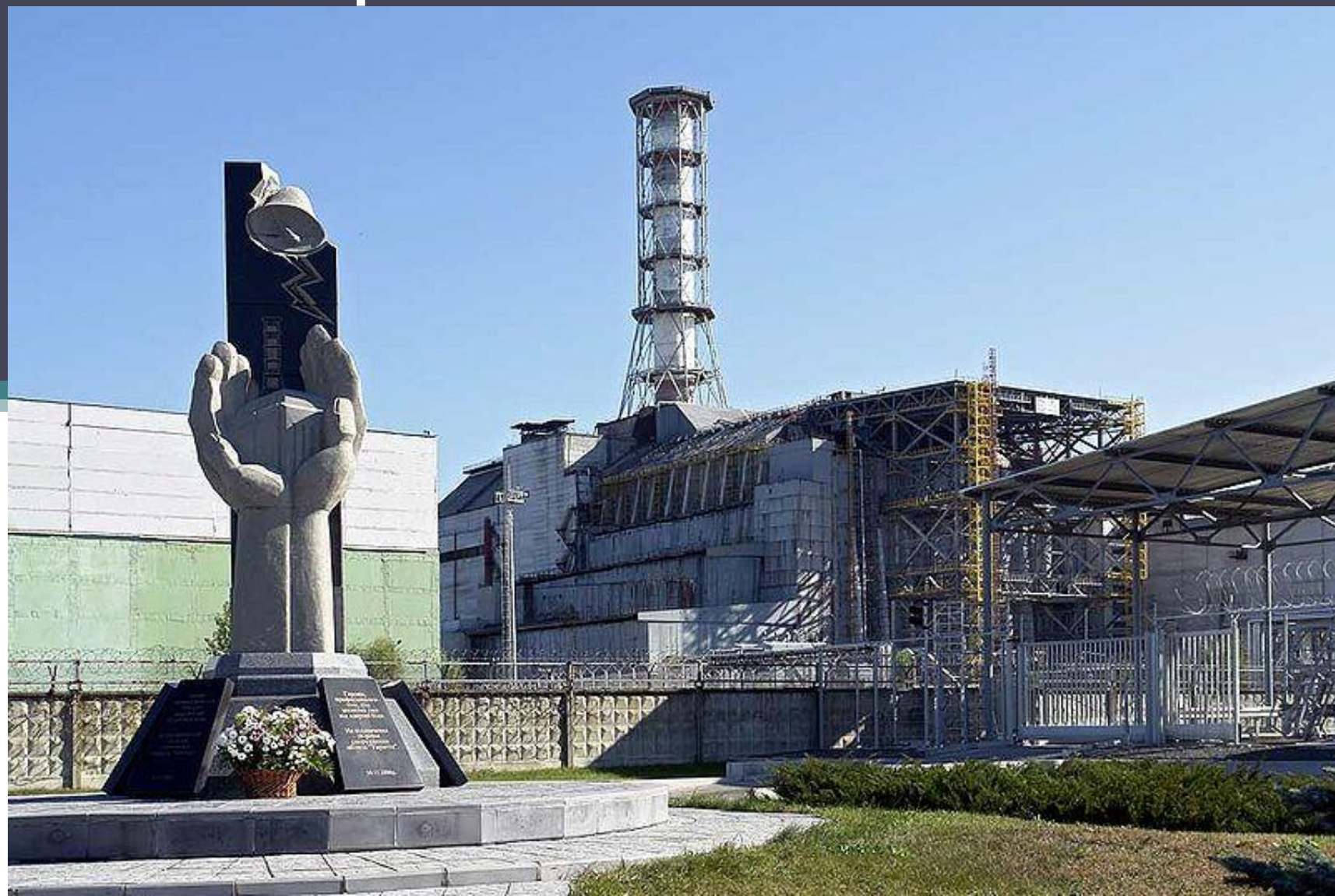


# Чернобыльская АЭС



## Авария на ЧАЭС 1986, Чернобыль, Припять, ликвидация

**Авария на Чернобыльской АЭС** — крупнейшая в истории радиационная авария, имевшая место [26 апреля 1986 года](#).

В ходе испытаний системы из-за халатности новых сотрудников произошли взрывы в энергоблоке,

приведшие к загрязнению части [Украины](#), [Беларуси](#), [России](#) и других стран Европы.

Радиоактивные облака прошли через весь мир,

и через 10 дней после аварии радиацию повышенной степени наблюдали уже в Соединённых Штатах.

Благодаря своевременному оставлению аварии удалось избежать второго взрыва, в 10 раз мощнее первого,

который превратил бы большую часть Украины и Беларуси, а также значительную часть России в радиоактивную пустошь.

В целях остановления распространения радиации был построен саркофаг из прочных материалов

# О станции

**Чернобыльская атомная электростанция имени В. И. Ленина**, также **ЧАЭС** — первая [украинская атомная электростанция](#), которая стала известна в связи с аварией, произошедшей [26 апреля 1986 года](#).

Чернобыльская АЭС расположена в восточной части белорусско-украинского [Полесья](#) на севере [Украины](#) в 11 км от границы с [Белоруссией](#), на берегу реки [Припять](#), впадающей в [Днепр](#).

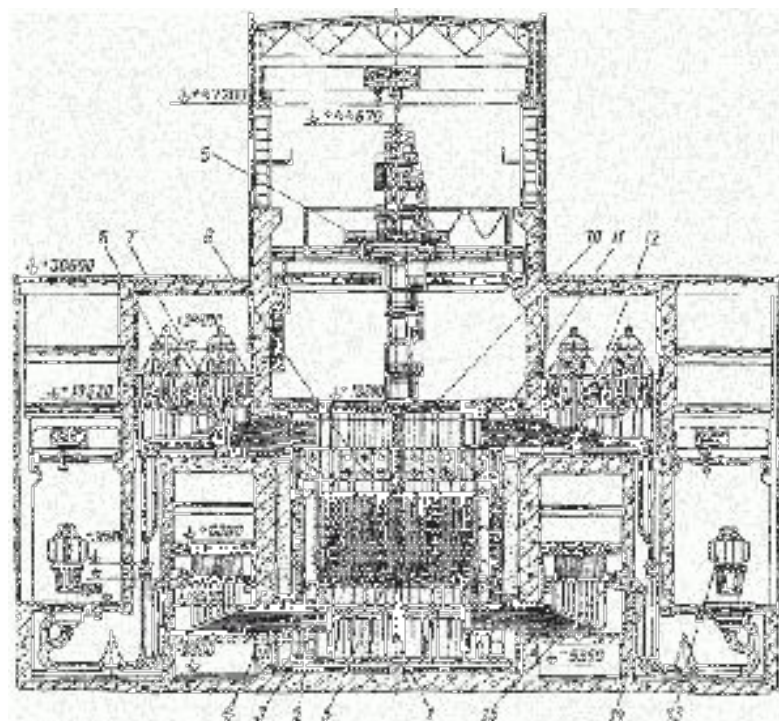
К западу от трехкилометровой [санитарно-защитной зоны](#) АЭС располагается город [Припять](#), в 18 км к юго-востоку от станции находится бывший районный центр — покинутый город [Чернобыль](#), в 110 км к югу — [Киев](#), столица Украины.

Ко времени аварии на Чернобыльской АЭС действовали четыре энергоблока на базе [реакторов](#) большой мощности канального типа [РБМК-1000](#) с [электрической мощностью](#) 1000 [МВт](#) и тепловой мощностью 3200 МВт каждый. Кроме того, производилось строительство пятого и шестого блоков, но она было отменено в [1988 году](#). Станция производила десятую часть [электроэнергии СССР](#).

# Конструкционные особенности АЭС

Четвёртый энергоблок являлся [реактором кипящего типа](#). В реакторах такого типа радиоактивное топливо, то есть обогащённый 2 % уран, используется для превращения и испарения воды, которая и приводит в движение турбины, генерирующие электроэнергию. На четвёртом энергоблоке было установлено два турбогенератора — ТГ-7 и ТГ-8 мощностью по 500 электрических МВт, или 1600 тепловых МВт, каждый.

Реакторы такого же типа были установлены на [Ленинградской](#), [Курской](#), [Игналинской](#) и [Смоленской АЭС](#)





# Активная зона

Главной составляющей реактора было реакторное пространство, называемого активной зоной реактора.

Его высота составляет 7 метров, а диаметр — 11,8 метров.

Внутри активной зоны располагались тепловыделяющие элементы, или *ТВЭЛы*, которые осуществляли ядерную цепную реакцию,

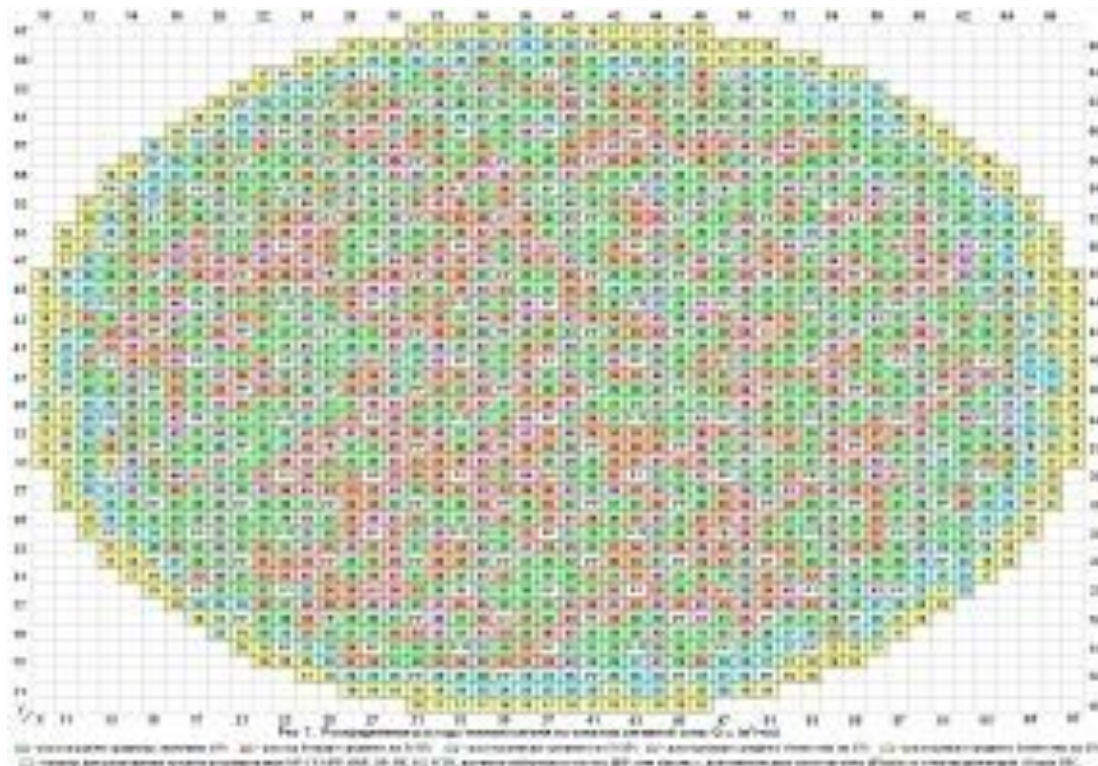
сопровождавшуюся нагреванием воды.

Кроме ТВЭЛов в реакторе находятся стержни системы управления защитой, или СУЗ, которые могли быть полностью или частично

погружены в активную зону реактора, либо полностью изъяты из неё. Стержни тормозили реактор при погружении в активную зону

и разгоняли его при извлечении. Всего в реакторе находилось 211 стержней:

Расход теплоносителя в  
01:22:30 (за полторы минуты  
до аварии)



# Ксеноновое отравление

При сокращении мощности происходит распад йода-135 на ряд веществ, среди которых ксенон ( $\text{Xe}^{135}$  — период полураспада 9,14 часа) оказывает негативное воздействие на реактивность согласно своим свойствам, и как следствие, появляется отрицательная реактивность. В результате его химических преобразований мгновенное регулирование мощности в течение некоторого времени становится затруднительным. Это явление называют ксеноновым отравлением реактора, либо «йодной ямой».

# События аварии



## 25 апреля 1986 года

[25 апреля 1986 года](#) должна была остановиться работа 4-го энергоблока Чернобыльской [АЭС](#) в связи с очередным плановым ремонтом. Во время таких ремонтов, как правило, производится замена оборудования на станции и проверка её работы для избежания аварийных состояний. На 25 апреля была запланирована проверка называемого режима «выбега ротора [турбогенератора](#)», которую предложил институт [Гидропроект](#). По их расчётам, это должно было улучшить систему аварийного энергоснабжения. Режим «выбега» позволял бы использовать кинетическую энергию ротора турбогенератора для обеспечения электропитанием питательных и главных циркуляционных насосов, что позволяло держать ситуацию под контролем в случае обесточивания станции.

Несмотря на все старания специалистов, система не показала себя должным образом. Впервые установить систему попытались ещё в [1982 году](#), но тогда оказалось, что напряжение при выбеге падает быстрее, чем планировалось. Последующие испытания проводились в [1983](#), [1984](#) и [1985 годах](#), но также заканчивались неудачно<sup>[4]</sup>.

Испытания должны были проводиться 25 апреля 1986 года на тепловой мощности 700—1000 МВт, что составляло 22—31 % от полной мощности<sup>[5]</sup>. В 3:47, 25 апреля, за сутки до аварии, мощность реактора была снижена примерно до 50 % (1600 МВт)<sup>[6]</sup>. Как и предусматривала программа испытаний, была отключена система аварийного охлаждения реактора. Дальнейшее снижение мощности запретил диспетчер Киевэнерго. Позже, в 23:10, запрет был отменён. Во время длительной работы реактора на мощности 1600 МВт происходило нестационарное [ксеноновое отравление](#). В течение 25 апреля пик отравления был пройден и начался обратный процесс.

К моменту получения разрешения на дальнейшее снижение мощности [оперативный запас реактивности](#) возрос практически до исходного значения и продолжал повышаться.

При дальнейшем снижении мощности разотравление прекратилось, и снова начался процесс отравления





## 26 апреля 1986 года

В течение примерно двух часов тепловая мощность реактора была снижена до 700 МВт, уровня, предусмотренного программой. Затем же, по неустановленной причине, она снизилась до 500 МВт. В 0:28, [26 апреля](#), при переходе с системы локального автоматического регулирования на автоматический регулятор общей мощности, оператор не справился с задачей регулирования мощности и она резко снизилась — тепловая до 30 МВт и нейтронная до нуля)<sup>[4][6]</sup>. Персонал, находившийся на БЩУ-4, принял решение о восстановлении мощности реактора и, извлекая поглощающие стержни реактора,<sup>[4][7]</sup> через несколько минут добился её роста и в дальнейшем стабилизировал тепловую мощность на 160—200 МВт. При этом оперативный запас реактивности непрерывно снижался из-за продолжающегося отравления. Соответственно, стержни ручного регулирования продолжали извлекаться<sup>[6]</sup>.

После достижения тепловой мощности 200 МВт были включены дополнительные главные циркуляционные насосы, соответственно количество работающих насосов было доведено до восьми. Согласно программе испытаний, четыре из них, совместно с двумя дополнительно работающими питательно-электрическими насосами, должны были служить нагрузкой для генератора «выбегающей» турбины во время эксперимента. Дополнительное увеличение расхода теплоносителя через реактор привело к уменьшению парообразования. Кроме этого, расход относительно холодной питательной воды оставался небольшим, соответствующим мощности 200 МВт, что вызвало повышение температуры теплоносителя на входе в активную зону, и она приблизилась к температуре кипения<sup>[6]</sup>.

В 1:23:04 начался эксперимент. Из-за снижения оборотов насосов, подключённых к «выбегающему» генератору, и положительного [парового коэффициента реактивности](#) реактор испытывал тенденцию к увеличению мощности, так как вводилась положительная [реактивность](#), однако в течение почти всего времени эксперимента поведение мощности не внушало опасений.

В 1:23:39 зарегистрирован сигнал аварийной защиты АЗ-5 от нажатия кнопки на пульте оператора. Поглощающие стержни начали движение в активную зону, однако вследствие их [неудачной конструкции](#) и заниженного оперативного запаса реактивности реактор не был заглушён. Через 1—2 с был записан фрагмент сообщения, похожий на повторный сигнал АЗ-5. В следующие несколько секунд зарегистрированы различные сигналы, свидетельствующие о быстром росте мощности, затем регистрирующие системы вышли из строя.

Далее произошли два довольно мощных взрыва, и к 1:23:47—1:23:50 реактор был полностью разрушен<sup>[4][6][7][8][9]</sup>. Взрывы были настолько мощны, что многотонные стены энергоблока не выдержали. Часть операторов погибла из-за попадания радиации к пульту управления. Выжившие получили большие дозы радиации и были доставлены в отделение больницы

# Причины аварии Расследование комиссией СССР

Государственная комиссия возложила всю ответственность на сотрудников ЧАЭС. [МАГАТЭ](#) создало свою консультативную группу, известную как [Консультативный комитет по вопросам ядерной безопасности](#) ([англ. INSAG](#), полное название — International Nuclear Safety Advisory Group), который на основании материалов, предоставленных советской стороной, и устных высказываний специалистов, которыми руководил первый заместитель директора ИАЭ имени И. В. Курчатова [В. А. Легасов](#), в своём отчёте [1986 года](#)<sup>[13]</sup> поддержал эту точку зрения. Специалисты в области утверждали, что авария явилась следствием маловероятного совпадения ряда нарушений правил и регламента персоналом станции, а катастрофические последствия ситуация приобрела по той причине, что реактор был приведён в аварийное состояние, что вообще не рассматривалось в рамках проведения программы<sup>[14]</sup>.

Согласно точке зрения специалистов, были замечены такие нарушения<sup>[14]</sup>:

- Проведение эксперимента «любой ценой», несмотря на изменение состояния реактора;
- Вывод из работы исправных технологических защит, которые просто остановили бы реактор ещё до того, как он попал в опасный режим;
- Замалчивание масштаба аварии в первые дни руководством ЧАЭС.

В [1991 году](#) комиссия Госатомнадзора СССР вновь поставила на рассмотрение этот вопрос и пришла к заключению, что «начавшаяся из-за действий оперативного персонала Чернобыльская авария приобрела неадекватные им катастрофические масштабы вследствие неудовлетворительной конструкции реактора» (<sup>[15]</sup>, с. 35). Кроме того, комиссия проанализировала действовавшие на момент аварии нормативные документы и не подтвердила некоторые из ранее выдвигавшихся в адрес персонала станции обвинений

# Мнение INSAG

В [1993 году](#) INSAG опубликовал дополнительный отчёт<sup>[6]</sup>, обновивший «ту часть доклада INSAG-1, в которой основное внимание уделено причинам аварии», и уделивший большее внимание серьёзным проблемам в конструкции реактора. Он основан, главным образом, на данных Госатомнадзора СССР и на докладе «рабочей группы экспертов СССР» (эти два доклада включены в качестве приложений), а также на новых данных, полученных в результате моделирования аварии. В этом отчёте многие выводы, сделанные в 1986 году, признаны неверными и пересматриваются «некоторые детали сценария, представленного в INSAG-1», а также изменены некоторые «важные выводы». Согласно отчёту, наиболее вероятной причиной аварии являлись ошибки проекта и конструкции реактора, эти конструктивные особенности оказали основное влияние на ход аварии и её последствия (<sup>[6]</sup>, с. 17—19). Основными факторами, которые также привели к аварии, INSAG-7 признало следующие обстоятельства (<sup>[6]</sup>, с. 29—31):

Реактор не соответствовал нормам безопасности и имел опасные конструктивные особенности;

Низкое качество регламента эксплуатации по части обеспечения безопасности;

Неэффективность режима регулирования и надзора за безопасностью в ядерной энергетике, общая недостаточность культуры безопасности в ядерных вопросах как на национальном, так и на местном уровне;

Отсутствовал эффективный обмен информацией по безопасности как между операторами, так и между операторами и проектировщиками, персонал не обладал достаточным пониманием особенностей станции, влияющих на безопасность;

Персонал допустил ряд ошибок и нарушил существующие инструкции и программу испытаний.

В целом INSAG-7 достаточно осторожно сформулировал свои выводы о причинах аварии. Так, например, при оценке различных сценариев (<sup>[6]</sup>, с. 17—19) INSAG отмечает, что «в большинстве аналитических исследований тяжесть аварии связывается с недостатками конструкции стержней СУЗ в сочетании с физическими проектными характеристиками», и, не высказывая при этом своего мнения, говорит про «другие ловушки для эксплуатационного персонала. Любая из них могла бы в равной мере вызвать событие, инициирующее такую или почти идентичную аварию», например, такое событие, как «срыв или кавитация насосов» или «разрушение топливных каналов».

Затем поднимается немаловажный вопрос: «Имеет ли в действительности значение то, какой именно недостаток явился реальной причиной, если любой из них мог потенциально явиться определяющим фактором?». При изложении взглядов на конструкцию реактора (<sup>[6]</sup>, с. 17—19) INSAG признаёт «наиболее вероятным окончательным вызвавшим аварию событием» «ввод стержней СУЗ в критический момент испытаний» и замечает, что «в этом случае авария явилась бы результатом применения сомнительных регламентов и процедур, которые привели к проявлению и сочетанию двух серьёзных проектных дефектов конструкции стержней и положительной обратной связи по реактивности». Далее говорится: «Вряд ли фактически имеет значение то, явился ли положительный выбег реактивности при аварийном останове последним событием, вызвавшим разрушение реактора. Важно лишь то, что такой недостаток существовал и он мог явиться причиной аварии».

INSAG предпочитает говорить не о причинах, а о факторах, способствовавших развитию аварии. Так, например, в выводах (<sup>[6]</sup>, с. 29—31) причина аварии формулируется так: «Достоверно не известно, с чего начался скачок мощности, приведший к разрушению реактора Чернобыльской АЭС. Определённая положительная реактивность, по-видимому, была внесена в результате роста паросодержания при падении расхода теплоносителя. Внесение дополнительной положительной реактивности в результате погружения полностью выведенных стержней СУЗ в ходе испытаний явилось, вероятно, решающим приведшим к аварии фактором».

Кроме того, стоит рассмотреть технические аспекты АЭС, приведшие к аварии.

# Недостатки реактора

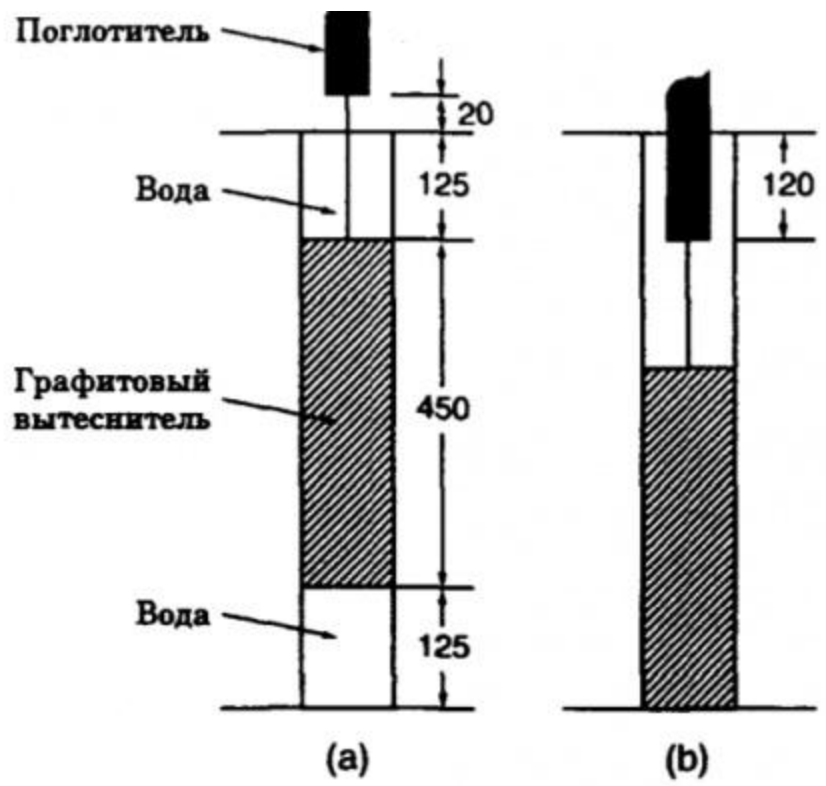
Реактор РБМК-1000 обладал рядом конструктивных недостатков и по состоянию на апрель [1986 года](#) имел десятки нарушений и отступлений от действующих правил ядерной безопасности<sup>[15]</sup>. Два из этих недостатков имели непосредственное отношение к причинам аварии. Это положительная обратная связь между мощностью и реактивностью, возникавшая при некоторых режимах эксплуатации реактора, и наличие так называемого концевое эффекта, проявлявшегося при определённых условиях эксплуатации. Эти факторы не были в достаточной мере отражены в проектной и эксплуатационной документации, что во многом способствовало ошибочным действиям эксплуатационного персонала и созданию условий для аварии<sup>[15]</sup>.

## Положительный паровой коэффициент реактивности

В процессе работы реактора через активную зону прокачивается вода, используемая в качестве теплоносителя. Внутри реактора она кипит, частично превращаясь в пар. Реактор был спроектирован таким образом, что паровой коэффициент реактивности был положительным, то есть повышение интенсивности парообразования способствовало высвобождению положительной реактивности, которая вызывает возрастание мощности реактора). В тех условиях, в которых работал энергоблок во время эксперимента, а конкретно: малая мощность, большое выгорание, отсутствие дополнительных поглотителей в активной зоне, воздействие положительного парового коэффициента ни коим образом не компенсировалось другими явлениями, влияющими на реактивность, и реактор имел положительный быстрый мощностной коэффициент реактивности ([6], с. 4). Следовательно, существовала положительная обратная связь — рост мощности вызывал такие процессы в активной зоне, которые приводили к ещё большему росту мощности. Это делало реактор нестабильным и крайне опасным. Грубейшим нарушением является то, что операторы не были проинформированы о том, что на низких мощностях может возникнуть положительная обратная связь ([15], с. 45—47).



# «Концевой эффект»



*РИС. 1 Крайнее верхнее положение стержня СУЗ системы аварийной защиты РБМК относительно активной зоны реактора (а) до и (б) после усовершенствований, внесенных после чернобыльской аварии. Размеры даны в сантиметрах.*

«[Концевой эффект](#)» в реакторе РБМК возникал из-за неудачной конструкции стержней СУЗ и впоследствии был признан ошибкой проекта<sup>[15]</sup> и, как следствие, одной из причин аварии. Суть эффекта заключается в том, что при определённых условиях в течение первых секунд погружения стержня в активную зону вносилась положительная [реактивность](#) вместо отрицательной. Конструктивно стержень состоял из двух секций: поглотитель ([карбид бора](#)) длиной на полную высоту активной зоны и вытеснитель ([графит](#)), вытесняющий воду из части канала СУЗ при полностью извлечённом поглотителе. Проявление данного эффекта стало возможным благодаря тому, что стержень СУЗ, находящийся в крайнем верхнем положении, оставляет внизу семиметровый столб воды, в середине которого находится пятиметровый графитовый вытеснитель. Таким образом, в активной зоне реактора остается пятиметровый графитовый вытеснитель, и под стержнем, находящимся в крайнем верхнем положении, в канале СУЗ остаётся столб воды. Замещение при движении стержня вниз нижнего столба воды графитом с более низкой способностью поглощать нейтроны, чем у воды, и вызывало высвобождение положительной реактивности.

При погружении стержня в активную зону реактора вода вытесняется в её нижней части, но одновременно в верхней части происходит замещение графита (вытеснителя) карбидом бора (поглотителем), а это вносит отрицательную реактивность. Что перевесит и какого знака будет суммарная реактивность, зависит от формы нейтронного поля и его устойчивости при перемещении стержня. А это, в свою очередь, определяется многими факторами исходного состояния реактора.

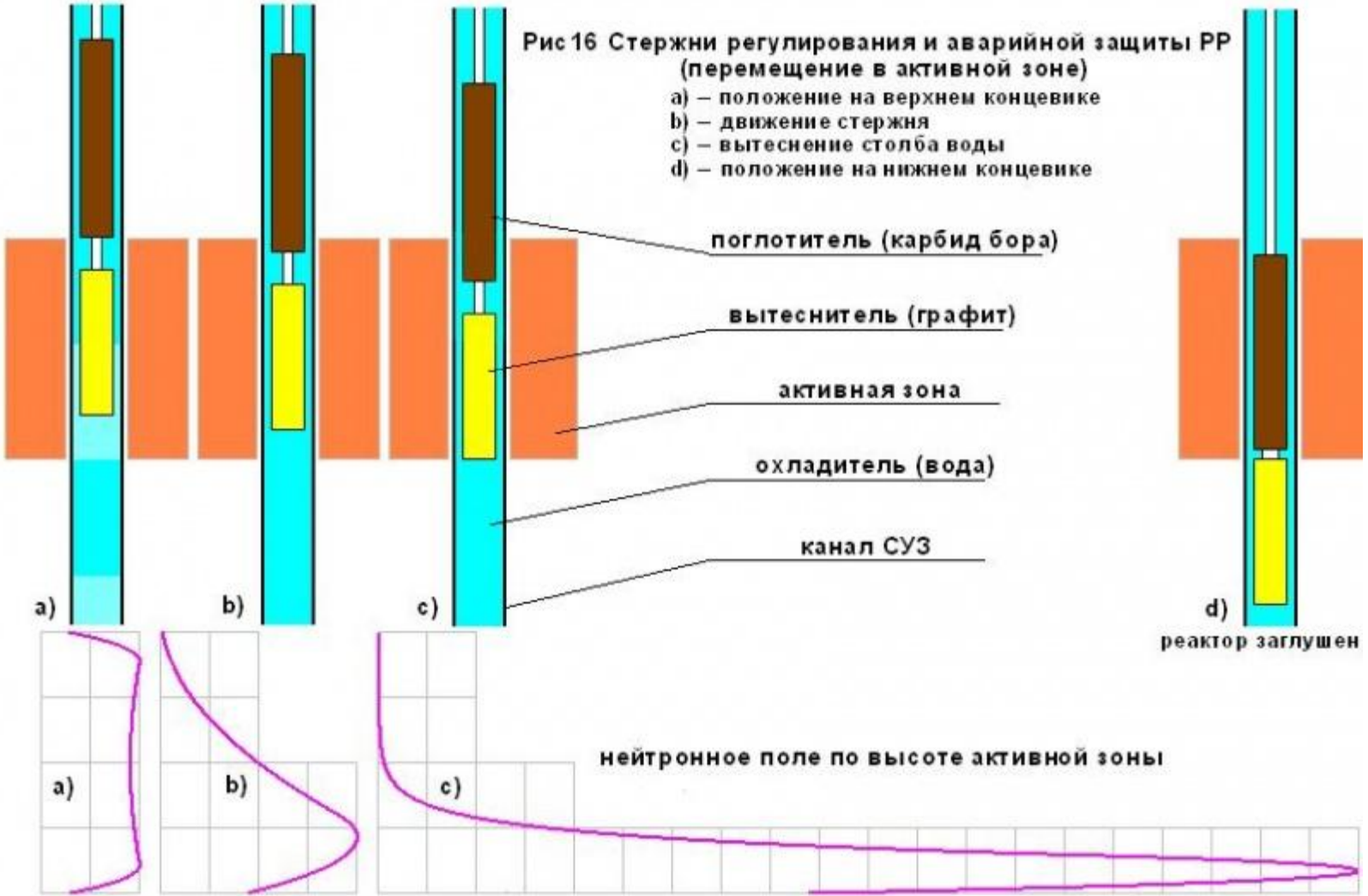
Для проявления концевого эффекта в полном объёме, когда вносится достаточно большой положительной реактивности, необходимо довольно редкое сочетание исходных условий<sup>[16]</sup>.

Независимые исследования данных относительно событий в реакторе, выполненные в различных организациях, в разное время и с использованием разных математических моделей, показали, что такие условия существовали к моменту нажатия кнопки АЗ-5 в 1:23:39. Таким образом, срабатывание аварийной защиты АЗ-5 могло быть, за счёт концевого эффекта, исходным событием аварии на ЧАЭС 26 апреля 1986 года (<sup>[15]</sup>, с. 81).

Существование концевого эффекта было обнаружено ещё в [1983 году](#) во время работы 1-го энергоблока Игналинской АЭС и 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС (<sup>[15]</sup>, с. 54). Главный конструктор сообщил об этом руководству всех АЭС, а также некоторым заинтересованным организациям. Опасность обнаруженного эффекта была отмечена организацией научного руководителя. Были предложены меры по устранению эффекта, которые помимо всего прочего включали проведение дополнительных исследований.

Но внимание на это обращено не было, а персонал станций не был проконсультирован касательно эффекта, что является одной из причин аварии вследствие халатности руководства станции

# Ошибки операторов



В процессе подготовки и проведения эксперимента эксплуатационным персоналом был допущен ряд нарушений и ошибок. Первоначально утверждалось<sup>[13]</sup>, что именно эти действия и стали главной причиной аварии. Однако такая точка зрения была пересмотрена и выяснилось<sup>[6]</sup>, что большинство из указанных действий нарушениями не являлись, либо не повлияли на развитие аварии (<sup>[6]</sup>, с. 22—23). Так, длительная работа реактора на мощности ниже 700 МВт не была запрещена действовавшим на тот момент регламентом, как это утверждалось ранее, хотя и являлась ошибкой эксплуатации и фактором, способствовавшим аварии. Кроме того, это было отклонением от утверждённой программы испытаний. Точно так же включение в работу всех восьми главных циркуляционных насосов не было запрещено эксплуатационной документацией. Нарушением регламента было лишь превышение расхода через главные циркуляционные насосы выше предельного значения, но кавитации, которую рассматривали как одну из причин аварии, это не вызвало.

Отключение системы аварийного охлаждения реактора допускалось, при условии проведения необходимых согласований. Система была заблокирована в соответствии с утверждённой программой испытаний, и необходимое разрешение от главного инженера станции было получено. Это никак не повлияло на развитие аварии: к тому моменту, когда система охлаждения могла бы сработать, активная зона уже была разрушена. Блокировка защиты реактора по сигналу остановки двух турбогенераторов не только допускалась, наоборот, она предписывалась при разгрузке энергоблока перед его остановкой (<sup>[15]</sup>, с. 90). Таким образом, это не было нарушением регламента эксплуатации; более того, высказываются обоснованные сомнения в том, что это действие как-то влияло на возникновение аварии в тех условиях, которые сложились до него (<sup>[15]</sup>, с. 78).

Также признано, что «операции со значениями уставок и отключением технологических защит и блокировок не явились причиной аварии и не влияли на её масштаб. Эти действия не имели никакого отношения к аварийным защитам собственно реактора (по уровню мощности, по скорости её роста), которые персоналом не выводились из работы» (<sup>[15]</sup>, с. 92). При этом нарушением регламента было только непереключение уставки защиты по уровню воды в барабане сепараторе (с –1100 на –600 мм), но не изменение уставки по давлению пара (с 55 на 50 кгс/см<sup>2</sup>).

Нарушением регламента, существенно повлиявшим на возникновение и протекание аварии, была, несомненно, работа реактора с малым оперативным запасом реактивности. В то же время не доказано, что авария не могла бы произойти без этого нарушения(<sup>[6]</sup>, с. 17—19).

Вне зависимости от того, какие именно нарушения регламента допустил эксплуатационный персонал и как они повлияли на возникновение и развитие аварии, персонал поддерживал работу реактора в опасном режиме. Работа на малом уровне мощности с повышенным расходом теплоносителя и при малом оперативном запасе реактивности была ошибкой (<sup>[17]</sup>, с. 121) независимо от того, как эти режимы были представлены в регламенте эксплуатации и независимо от наличия или отсутствия ошибок в конструкции реактора (<sup>[6]</sup>, с. 29—31).





Оперативному запасу реактивности при анализе развития аварии на ЧАЭС уделяется большое внимание. ОЗР — это положительная реактивность, которую имел бы реактор при полностью извлечённых стержнях СУЗ. В реакторе, работающем на постоянном уровне мощности, эта реактивность всегда скомпенсирована отрицательной реактивностью, вносимой стержнями СУЗ. Большая величина оперативного запаса реактивности означает «увеличенную» долю избыточного ядерного топлива, урана-235, расходуемого на компенсацию этой отрицательной реактивности, вместо того чтобы этот уран-235 тоже использовался для деления и производства энергии. Кроме того, увеличенное значение оперативного запаса реактивности несёт и определённую потенциальную опасность, поскольку означает достаточно высокое значение реактивности, которая может быть внесена в реактор из-за ошибочного извлечения стержней СУЗ.

В то же время, на реакторах РБМК низкое значение оперативного запаса реактивности фатальным образом влияло на безопасность реактора. Для поддержания постоянной мощности реактора (то есть нулевой реактивности) при малом ОЗР необходимо почти полностью извлечь из активной зоны управляющие стержни. Такая конфигурация (с извлечёнными стержнями) на реакторах РБМК была опасна по нескольким причинам (<sup>[151]</sup>, с. 49, 94–96):

Усиливалась пространственная неустойчивость нейтронного поля, и затруднялось обеспечение однородности энерговыделения по активной зоне;

Увеличивался положительный паровой коэффициент реактивности;

Существенно уменьшалась эффективность аварийной защиты, и в первые секунды после её срабатывания, из-за «концевого эффекта» стержней СУЗ, мощность могла даже увеличиваться, вместо того чтобы снижаться.

Сотрудники станции, по-видимому, знали только о первой из этих причин; ни об опасном увеличении парового коэффициента, ни о конечном эффекте в действовавших в то время документах ничего не говорилось. Персонал не был уведомлён о опасности, связанной с работой при низком запасе реактивности (<sup>[151]</sup>, с. 54).

Между проявлением конечного эффекта и оперативным запасом реактивности отсутствует чёткая связь. Угроза ядерной опасности возникает, когда большое количество стержней СУЗ находится в крайних верхних положениях. Это возможно только если ОЗР мал, однако при одном и том же ОЗР можно расположить стержни по-разному — так что различное количество стержней окажется в опасном положении (<sup>[161]</sup>, с. 18).

В регламенте отсутствовали ограничения на максимальное количество полностью извлечённых стержней. ОЗР не упоминался в числе параметров, важных для безопасности, технологический регламент не заострял внимание персонала на том, что ОЗР — важнейший параметр, от соблюдения которого зависит эффективность действия аварийной защиты. Кроме того, проектом не были предусмотрены адекватные средства для измерения ОЗР. Несмотря на огромную важность этого параметра, на пульте не было индикатора, который бы непрерывно его отображал. Обычно оператор получал последнее значение в распечатке результатов расчёта на станционной ЭВМ, два раза в час, либо давал задание на расчёт текущего значения, с доставкой через несколько минут. То есть оперативный запас реактивности не может рассматриваться как оперативно управляемый параметр, тем более что погрешность его оценки зависит от формы нейтронного поля (<sup>[151]</sup>, с. 85–86).

# Последствия аварии

## Основные

Непосредственно во время взрыва на четвёртом энергоблоке погиб только один человек, Валерий Ходемчук, а также скончался утром от полученных травм Владимир Шашенок. Впоследствии у 134 сотрудников ЧАЭС и членов спасательных команд, находившихся на станции во время взрыва, развилась [лучевая болезнь](#), 28 из них умерли в течение следующих нескольких месяцев.

В 1:24 [26 апреля](#) на пульт дежурного [Военизированной пожарной части](#) № 2 по охране Чернобыльской АЭС поступил сигнал о возгорании. К станции выехал дежурный караул пожарной части на автомобиле [ЗИЛ-131](#), который возглавлял лейтенант внутренней службы [Владимир Павлович Правик](#). Из Припяти на помощь выехал караул 6-й городской пожарной части, который возглавлял лейтенант [Виктор Николаевич Кибенок](#). Руководил ликвидацией пожара лейтенант В. П. Правик. Его умелыми действиями было предотвращено распространение пожара. Вскоре были вызваны подкрепления из [Киева](#) и близлежащих областей, руководствуясь кодом 3, который означал пожар высочайшей сложности.

Из средств защиты у пожарных были только брезентовая роба, рукавицы и каска. Звенья [ГДЗС](#) были в противогазах КИП-5. Из-за высокой температуры пожарные сняли их в первые минуты. К 4 часам утра пожар был ликвидирован на крыше машинного зала, а к 6 часам утра был затушен. Всего принимало участие в тушении пожара 69 человек личного состава и 14 единиц техники. Наличие высокого уровня радиации было достоверно установлено только к 3:30, так как из двух имевшихся приборов на 1000 Р/ч один вышел из строя из-за зашкаливания показателя, а другой оказался недоступен из-за возникших завалов. Поэтому во время аварии сразу не стали известны огромные доли радиации, попавшие в окружающую среду. По одной из версий, реактор был цел и его необходимо было охладить.

Пожарные не дали огню перейти на третий блок через переходы. Вместо огнестойкого покрытия, как было положено по инструкции, крыша машинного зала была залита обычным горючим битумом. Примерно к 2 часам ночи появились первые поражённые из числа пожарных. У них стала проявляться слабость, рвота, «ядерный загар». Помощь им оказывали на месте, в медпункте станции, после чего переправляли в городскую больницу Припяти. 27 апреля первую группу пострадавших из 28 человек отправили самолетом в Москву, в 6-ю радиологическую больницу. Практически не пострадали водители служебных автомобилей.

В первые часы после аварии, многие, по-видимому, не осознавали, насколько сильно повреждён реактор, поэтому было принято ошибочное решение обеспечить подачу воды в активную зону реактора для её охлаждения. Для этого требовалось вести работы в зонах с высокой радиацией. Эти усилия оказались бесполезны, так как и трубопроводы, и сама активная зона были разрушены. Другие действия персонала станции, такие как тушение очагов пожаров в помещениях станции, меры, направленные на предотвращение возможного взрыва, напротив, были необходимыми. Они предотвратили ещё более серьёзные последствия. При выполнении этих работ многие сотрудники станции получили большие дозы радиации, а некоторые даже смертельные.

Благодаря усилиям пожарных и сотрудников станции удалось избежать разрастания пожара с переходом на соседние блока и повторного взрыва, который превышал бы в 10 раз мощность первых.

# Эвакуация населения из поражённых зон

Первое сообщение об аварии на Чернобыльской АЭС появилось в советских СМИ [27 апреля](#), через 36 часов после взрыва на четвёртом энергоблоке. Диктор Припятской радиотрансляционной сети сообщил о сборе и временной эвакуации жителей города<sup>[31]</sup>.

[28 апреля 1986 года](#) в 21.00 ТАСС передает краткое информационное сообщение: «На Чернобыльской атомной электростанции произошел несчастный случай. Один из реакторов получил повреждение. Принимаются меры с целью устранения последствий инцидента. Пострадавшим оказана необходимая помощь. Создана правительственная комиссия для расследования происшедшего».<sup>[32]</sup>

После оценки масштабов радиоактивного загрязнения стало понятно, что потребуется [эвакуация](#) города [Припять](#), которая и была проведена [27 апреля](#). В первые дни после аварии было эвакуировано население с 10-километровой зоны вокруг Чернобыльской АЭС. В последующие дни были эвакуированы жители населённых пунктов [30-километровой зоны](#), так как радиация распространилась ещё дальше.

Безопасные пути движения колонн эвакуированного населения определялись с учётом уже полученных данных радиационной разведки. Несмотря на это, ни 26, ни 27 апреля жителей не предупредили о существующей опасности и не дали никаких рекомендаций о том, как следует себя вести, чтобы уменьшить влияние радиоактивного загрязнения. В то время, как многие иностранные средства массовой информации говорили об угрозе для жизни людей, а на экранах телевизоров демонстрировалась карта воздушных потоков в Центральной и Восточной Европе, в [Киеве](#) и других городах [Украины](#) и Белоруссии проводились праздничные демонстрации и гуляния, посвящённые [Празднику весны и труда](#). Лица, ответственные за сохранение информации в секрете, объясняли впоследствии своё решение необходимостью предотвратить панику среди населения<sup>[33]</sup>. Первый секретарь Коммунистической Партии Украины [Щербицкий](#) привел на парад своих внуков.

[1 мая 1986 года](#) областной совет народных депутатов решил позволить иностранцам уезжать из Гомельской области только после медицинского освидетельствования<sup>[34]</sup>.



Pripyat\_1986.ogg

# Ликвидация последствий аварии

Для ликвидации последствий аварии была создана правительственная комиссия, председателем которой был назначен заместитель председателя Совета министров СССР [Борис Евдокимович Шербина](#). От [института](#), разработавшего реактор, в комиссию вошёл химик-неорганик академик [Валерий Алексеевич Легасов](#). В итоге он проработал на месте аварии 4 месяца вместо положенных двух недель. Именно он рассчитал возможность применения и разработал состав смеси, а конкретно [боросодержащие](#) вещества, [свинец](#) и [доломит](#) в совокупности, которой с самого первого дня забрасывали с вертолётов зону реактора для предотвращения дальнейшего разогрева остатков реактора и уменьшения выбросов радиоактивных веществ в атмосферу. Также именно он, выехав на бронетранспортёре непосредственно к реактору, определил, что показания датчиков нейтронов о продолжающейся ядерной реакции недостоверны, так как они реагируют на мощнейшее гамма-излучение. Проведённый анализ соотношения изотопов йода показал, что на самом деле реакция остановилась<sup>[35]</sup>. Первые десять суток генерал-майор авиации Н. Т. Антошкин непосредственно руководил действиями личного состава по сбросу смеси с вертолетов<sup>[36]</sup>.

Для координации работ были также созданы республиканские комиссии в [Белорусской ССР](#), [Украинской ССР](#) и в [РСФСР](#), различные ведомственные комиссии и штабы. В 30-километровую зону вокруг ЧАЭС стали прибывать специалисты, отобранные для проведения работ на аварийном энергоблоке и вокруг него, а также воинские части, как регулярные, так и составленные из срочно призванных резервистов. Их всех позднее стали называть «ликвидаторами». Ликвидаторы работали в опасной зоне посменно: те, кто набрал максимально допустимую дозу радиации, уезжали, а на их место назначались другие. Основная часть работ была выполнена в [1986—1987 годах](#), в них приняли участие примерно 240 тысяч человек. Общее количество ликвидаторов составило около 600 тысяч.

Во всех сберкассах страны был открыт «счёт 904» для пожертвований граждан, на который за полгода поступило 520 млн рублей. Среди жертвователей была [Алла Пугачёва](#), давшая благотворительный концерт в [Олимпийском](#) и сольный концерт в Чернобыле для ликвидаторов<sup>[37]</sup>.

В первые дни основные усилия были направлены на снижение радиоактивных выбросов из разрушенного реактора и предотвращение ещё более серьёзных последствий. Например, существовали опасения, что из-за остаточного тепловыделения в топливе, остающемся в реакторе, произойдёт [расплавление активной зоны ядерного реактора](#). Расплавленное вещество могло бы проникнуть в затопленное помещение под реактором и вызвать ещё один взрыв с большим выбросом радиоактивности. Вода из этих помещений была откачана. Также были приняты меры для того, чтобы предотвратить проникновение расплава в грунт под реактором.

Затем начались работы по очистке территории и захоронению разрушенного реактора. Вокруг 4-го блока был построен бетонный «[саркофаг](#)», т. н. объект «Укрытие». Так как было принято решение о запуске 1-го, 2-го и 3-го блоков станции, радиоактивные обломки, разбросанные по территории АЭС и на крыше машинного зала были убраны внутрь саркофага или забетонированы. В помещениях первых трёх энергоблоков проводилась [дезактивация](#). Строительство саркофага было завершено в ноябре [1986 года](#). При выполнении строительных работ [2 октября 1986 года](#) возле 4-го энергоблока, зацепившись за трос подъемного крана в трёх метрах от машинного зала, потерпел катастрофу вертолёт [Ми-8](#) (экипаж из 4 человек погиб — командир лётчик 1 класса капитан Воробьёв В. К., 1956 г.р., штурман ст. лейтенант Юндкинд А. Е., 1958 г.р., ст. лейтенант Христин А. И., 1953 г.р., старший прапорщик Ганжук Н. А.).

По данным [Российского государственного медико-дозиметрического регистра](#) за прошедшие годы среди российских ликвидаторов с дозами облучения выше 100 мЗв, а это около 60 тысяч человек, несколько десятков смертей могли быть связаны с облучением. Всего за 20 лет среди ликвидаторов по причинам, не связанных с радиацией, умерло примерно 5 тысяч человек.

Помимо «внешнего» облучения ликвидаторы подвергались опасности из-за «внутреннего» облучения из-за вдыхания радиоактивной пыли. Близость источника излучения к тканям и большая длительность воздействия (многие годы после аварии) делают «внутреннее» облучение опасным даже при сравнительно небольшой радиоактивности пыли. Для защиты от пыли широко использовались респираторы «Лепесток»<sup>[38]</sup> и другие средства индивидуальной защиты органов дыхания<sup>[39]</sup>. Но на практике из-за значительного просачивания неотфильтрованного воздуха в месте касания маски и лица «Лепестки» оказались малоэффективны<sup>[40]</sup>, и это могло привести к сильному «внутреннему» облучению части ликвидаторов.

Значок ликвидатора :





# Заккрытие энергоблоков

После аварии на 4-м энергоблоке работа электростанции была приостановлена из-за опасной радиационной обстановки. Однако уже в октябре [1986 года](#), после обширных работ по дезактивации территории и постройки «саркофага», 1-й и 2-й энергоблоки были вновь введены в строй; в декабре [1987 года](#) возобновлена работа 3-го.

[25 декабря 1995 года](#) был подписан [Меморандум о взаимопонимании](#) между Правительством Украины и правительствами стран «большой семёрки» и [Комиссией Европейского союза](#), согласно которому началась разработка программы полного закрытия станции к 2000 году.

Решение об окончательной остановке энергоблока № 1 принято [30 ноября 1996 года](#), энергоблока № 2 — [15 марта 1999 года](#). [29 марта 2000 года](#) принято постановление Кабинета Министров Украины № 598 «О досрочном прекращении эксплуатации энергоблока № 3 и окончательном закрытии Чернобыльской АЭС».

[15 декабря 2000 года](#) в 13:17 по приказу Президента Украины во время трансляции телемоста Чернобыльская АЭС — [Национальный дворец «Украина»](#) поворотом ключа аварийной защиты (АЗ-5) навсегда остановлен реактор энергоблока № 3 Чернобыльской АЭС. Станция прекратила генерацию электроэнергии. <sup>[49]</sup>

## Постройка нового саркофага

За долгие годы объект «Укрытие» пришёл в негодность и начал разрушаться. Было принято решение построить новый саркофаг для предупреждения распространения радиации.

В марте [2004 года](#) [Европейский банк реконструкции и развития](#) объявил тендер на проектирование, строительство и ввод в эксплуатацию нового саркофага для Чернобыльской АЭС. Победителем тендера в августе 2007 года была признана компания [NOVARKA](#), совместное предприятие французских компаний [Vinci Construction Grands Projets](#) и [BOUYGUES](#)<sup>[50]</sup>. [3 марта 2012 года](#) министр чрезвычайных ситуаций Украины Виктор Балога заявил, что на Чернобыльской АЭС уже начались работы по установке нового саркофага<sup>[51]</sup>.

[24 ноября 2012 года](#) на площадке объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС был выполнен первый подъем восточной части Арки весом 5300 тонн на 22 метра. Всего для этой части будет выполнено 3 таких подъема<sup>[52]</sup>.

[Европейский союз](#) выделил на постройку нового саркофага 350 миллиардов долларов, но украинская верхушка разворовала большую часть денег. Несмотря на это, активно проводятся работы по строительству нового саркофага, которые планируют завершить к [2015-16 гг.](#)



Почтовая марка «10 лет Чернобыльской аварии»

**Спасибо за внимание.**