



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

А.А. БОРОВОЙ

С.Т. БЕЛЯЕВ И ЧЕРНОБЫЛЬ



Москва
2026



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«**КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ**»

А.А. БОРОВОЙ

С.Т. БЕЛЯЕВ И ЧЕРНОБЫЛЬ

Москва
2026

Боровой А.А. «С.Т. Беляев и Чернобыль». Информационное пособие. —
2026. — 38 с.: ил.

Верстка: Маркова А.М.

Корректор: Новикова В.В.

Дизайн обложки: Мишин М.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Авария.....	5
Первое задание.....	6
Выброшенное топливо.....	7
Программа «Буй»	12
Укрытие	15
Трудный 87-й год. Скважины.....	19
«Цена» Чернобыля	23
Новый безопасный конфайнмент.....	25
ЧАЭС в составе Украины.....	27
Ликвидация последствий чернобыльской катастрофы. Беседа с корреспондентом журнала «Природа»	29

ПРЕДИСЛОВИЕ

Конец 1988 года, Академия наук Украины, совещание в кабинете у Президента Бориса Евгеньевича Патона. От нас присутствуют двое — академик Спартак Тимофеевич Беляев, научный руководитель работ Комплексной экспедиции Института атомной энергии им. И.В. Курчатова, и я, его заместитель в Чернобыле. Один из присутствующих выступает очень эмоционально:

— В «Укрытии», которое возведено над разрушенным блоком, несколько сотен помещений. Во многих из них находится ядерное топливо.

Что будет, если там снова разовьется цепная реакция? Вы имеете доступ далеко не во все помещения, как вы заметите ее начало? Существует только два, всего два признака приближающегося несчастья — увеличение потока нейтронов и выделение тепла. А ваши датчики стоят за углом или их в этом помещении вообще нет. И тогда из многочисленных щелей объекта на площадку станции, на работающие блоки выбросит радиоактивную пыль. АЭС придется остановить. Пострадают сотни людей.

Беляев отвечает подробно и, по возможности, популярно (среди присутствующих далеко не все разбираются в вопросах ядерной физики). О том, какие меры принимаются для предотвращения такого события, его уверенного обнаружения и смягчения последствий. И почему-то не упоминает об одном типе детекторов, который мы недавно разработали и установили. Детекторов, позволяющих со 100-процентной уверенностью зарегистрировать начало опасного процесса.

Я сначала теряюсь — перебивать и дополнять академика не вежливо, но потом мне в голову приходит новая идея, и я (а сижу я сбоку от доски с мелом) пишу на ней ряд точек и тире. Беляев улыбается и говорит, что об этом хотел сообщить в самом конце выступления. И, действительно, в конце выступления Спартак Тимофеевич говорит о том, что при нарастании ядерной опасности также будет наблюдаться и нарастание содержания в воздухе быстрорастворимых (короткоживущих) инертных газов. Мы за их присутствием постоянно следим.

Совещание окончено, народ расходится, и Борис Евгеньевич спрашивает у меня:

— Что это за знаки Вы начертили на доске?

— Это — азбука Морзе. Слово «КОРОТКОЖИВУЩИЕ».

— А академик, откуда он ее знает?

— О... он знает ее лучше многих. Всю войну ею пользовался. Ведь его фронтовая специальность разведчик-радист, получает и передает информацию через линию фронта.

— Долго он воевал?

— Все 4 года, расписался на Рейхстаге.

Патон заулыбался:

— Ничего себе у нас академики!



Рис. 1. С.Т. Беляев на фронте

Спартак Тимофеевич Беляев прожил долгую жизнь — 93 года. Великая Отечественная война началась через неделю после того, как он окончил школу. А уже в августе 1941 года доброволец Беляев (рис. 1) получил направление в 55-ю Отдельную специальную радиороту разведуправления Генштаба. Он подробно описывает свою фронтовую жизнь в книге «Моя профессия — теоретическая физика».

Описывает и дальнейшие годы — демобилизация, учеба, работа в Курчатовском институте, в Новосибирске, снова в Курчатовском институте. Крупнейший физик-теоретик Спартак Тимофеевич возглавил Отделение общей и ядерной физики этого института, в котором работали сотни сотрудников.

И тут снова на страну обрушилось несчастье — Чернобыль.

Как получилось, что именно Беляев и его команда, люди, не являющиеся специалистами в области эксплуатации и безопасности атомных станций, активно включились в борьбу с аварией, ликвидацию ее последствий и так много сделали в этой области?

На этот вопрос ответил сам академик в одном из своих интервью: «Там возникла нештатная ситуация, мы столкнулись с неизвестными явлениями и процессами, к которым нужно было подойти непредвзято, без всяких стереотипов. И оказалось, что фундаментальная наука, навыки исследователя, а не инженера, там были даже нужнее, чем специальный опыт и конкретные знания».

Я постараюсь рассказать об этом периоде его жизни.

АВАРИЯ

Авария на Чернобыльской АЭС произошла в субботу 26 апреля 1986 года в 1 час 23 минуты. В результате взрыва была полностью разрушена активная зона реактора и вся верхняя часть здания, сильно пострадали и другие сооружения.

Взрывы и возникший пожар сопровождались выбросом огромной радиоактивности — на уровне миллионов Кюри в сутки. Он продолжался в течение 10 дней с 26 апреля по 6 мая, после чего резко упал (в тысячи раз) и в дальнейшем продолжал уменьшаться.

* * *

В понедельник, утром 28 апреля, я, поднимаясь к себе на рабочее место на втором этаже Главного здания Курчатовского института, обратил внимание на необычное скопление людей на площадке третьего этажа. А на этом этаже располагались кабинеты начальства, в том числе и Директора — академика Анатолия Петровича Александрова. Я поднялся выше и обнаружил, что в коридоре, в котором обычно сидело всего двое-трое ожидавших посетителей, собрались десятки взволнованных сотрудников. В силу специфики нашего института я не стал приставать к присутствующим с расспросами.

И только увидев Спартака Тимофеевича, тихонько его спросил о причинах волнений.

«Неприятности на ЧАЭС», — ответил он.

* * *

С вечера 26 апреля на ЧАЭС работала Правительственная комиссия во главе с Борисом Евдокимовичем Щербиной. Курчатовский институт представлял академик Валерий Алексеевич Легасов — заместитель директора. Он и другие члены Комиссии постоянно связывались по ВЧ с Москвой, с кабинетом А.П. Александрова, в котором образовался как бы московский штаб по борьбе с аварией.

Одним из ведущих членов этого штаба стал Беляев (рис. 2). Часть работы, которая была связана с выбросом радиоактивности и определением состояния оставшегося топлива, он взял на себя.

Чернобыль начался для меня вечером 29 апреля. Спартак Тимофеевич позвонил мне домой и очень вежливо осведомился, не могу ли я подойти и помочь в расчетах, которые делаются для Чернобыля. Я без колебаний согласился. По дороге по трезвом размышлении стало немного странно, что в Отделении, где такое количество блестящих теоретиков, для расчетов вызывают экспериментатора. Уже позже я понял, что большинство теоретиков совсем не были знакомы с работой АЭС, но были и такие, которые отказывались из «принципиальных соображений»: «Они допустили аварию, пусть они и разбираются». Кто эти «они», не уточнялось. Эти слова позднее приходилось слышать и от других специалистов. За ними стоял элементарный страх — вдруг отправят в Чернобыль. Лучше совсем не иметь к этому отношения. Вечер перешел в ночь, и началась моя многолетняя одиссея.

ПЕРВОЕ ЗАДАНИЕ

— Сейчас очень важно знать, сколько и каких радиоактивных изотопов находилось к моменту аварии в активной зоне 4-го блока. Я знаю, что для своих нейтринных экспериментов на реакторе Ровенской АЭС Вы проводили похожие расчеты. Можете их провести для ЧАЭС?

Я удивился:



Рис.2. С.Т. Беляев в период аварии на ЧАЭС

— Спартак Тимофеевич, но ведь на каждой станции есть соответствующая программа, почему ею не воспользоваться?

— Программа дает результаты с большой ошибкой. Они не совпадают с уже измеренными данными — не совпадают соотношения между изотопами в отобранных пробах с расчетными соотношениями.

Я обзвонил сотрудников своей группы. Несмотря на позднее время, пришли все. Компьютеров у нас не было, программу написать было не возможно — считали вручную, разбив данные на отдельные блоки. К 1 мая получили окончательные результаты. Они нас ошеломили. Например, полная активность такого бета- и гамма-излучателя, как ^{137}Cs , период полураспада которого составляет 30 лет, достигала цифры $2.6 \cdot 10^{17}$ распадов в секунду. А альфа-активность ^{239}Pu — 10^{15} распадов в секунду. Если представить себе, что весь этот плутоний равномерно выпал бы на территорию, то по существующим нормам необходимо было бы эвакуировать людей с площади в 300 тысяч квадратных километров.

Много раз после этого публиковались результаты аналогичных расчетов (по активности, накопленной в чернобыльском реакторе), выполненных в ведущих мировых центрах. Они практически совпадали с нашими.

Вопросы со станции приходили все чаще, и Беляев включил нас в свою команду, занимающуюся аварией, на постоянной основе.

ВЫБРОШЕННОЕ ТОПЛИВО

Один из главных вопросов — где выброшенное при взрыве из шахты реактора топливо, почти 200 тонн, содержащих огромную радиоактивность. То, что шахта реактора пуста, установил приехавший 1 мая в Чернобыль Евгений Павлович Велихов — второй заместитель А.П. Александрова. Вот что он писал в своих воспоминаниях: «На третий день, облетая блок на вертолете, я сумел заглянуть внутрь реактора при свете горящего в дыре парашюта (грузы сбрасывали на па-

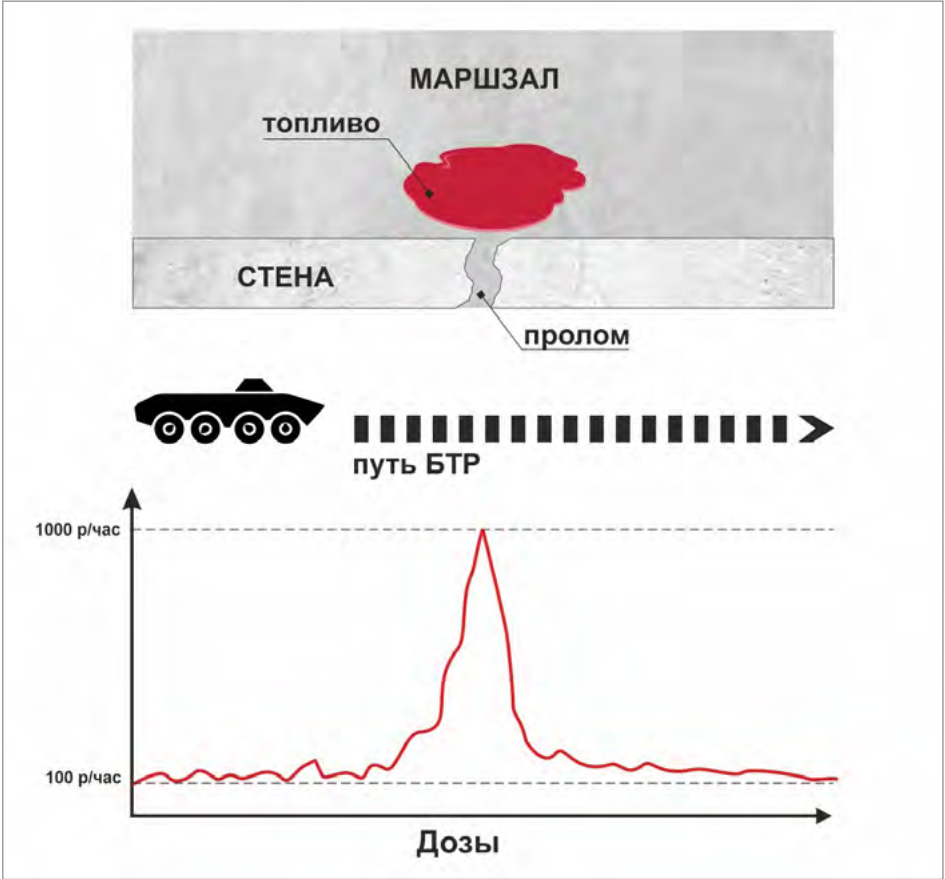


Рис. 3. Схема нахождения дозиметристами основной массы выброшенного топлива



Рис. 4. Академик В.А. Легасов на ЧАЭС

рашютах) и увидел, что реактора нет — под вставшей на дыбы верхней плитой весом в триста тонн *ничего не было*».

Куда девалось топливо? В первые недели считали, что чуть ли не вся основная его масса попала в машинный зал, примыкающий к реакторному блоку. Неожиданно этому пришло подтверждение. Бронетранспортер с дозиметристами ехал вдоль стены машинного зала на расстоянии около 80 м от нее (рис. 3). Периодически они открывали люк и измеряли мощность дозы (МЭД). Значения колебались в пределах от 60 до 100 Р/час. Внезапно в одной точке МЭД возросла более чем до 1000 Р/час. А чуть далее снова приняла значение менее 100 Р/час. Именно в этом месте стена машзала была разрушена (имелась щель, узкий пролом). Получалось, что как бы «луч» от значительного скопления топлива выходил из пролома и попадал в точку измерения. При повторных проездах БТР все повторилось.

Правительственная комиссия решила запросить мнение Беляева. А Спартак Тимофеевич поручил нам оценить реальность такой гипотезы. Я не буду подробно приводить наши соображения, скажу только, что при имеющихся размерах щели обеспечить такую высокую дозу на расстоянии 80 метров могла только не реально большая масса топлива. При этом еще не учитывается самопоглощение излучения в этой массе.

В чем же дело? Неожиданно мне показалось, что я догадался:

— Спартак Тимофеевич, а нельзя ли поговорить с самими дозиметристами?

Это было сделано достаточно быстро.

— Скажите, когда вы намерили большую дозу, как отметили место измерения?

— Там очень заметный большой камень. Мы на него ставили «клюку» — дозиметр.

— Так, может, это не камень, а выброшенная из реактора сборка? Огромная активность. Тогда можно было получить и 5 тысяч рентген.

Так оно и оказалось!

* * *

В первые дни после аварии особую тревогу вызывала опасность возникновения самоподдерживающейся цепной реакции в одном из скоплений выброшенного топлива. Вот что вспоминал об этом В.А. Легасов (рис. 4), взявший на себя основную часть научного руководства борьбой с аварией в Чернобыле: «...первое, что нас всех волновало, был вопрос о том, работает или не работает реактор или его часть».

Здесь на помощь пришли те самые короткоживущие изотопы, с которых началось наше повествование. Их активность падала, новые не нарабатывались. Это тоже обсуждалось на наших оперативках у Спартак Тимофеевича.

* * *

Но где же все-таки топливо? Позднее Спартак Тимофеевич рассказывал: «Надо представлять обстановку — разрушенный блок, раскрытый реактор, сотни помещений, заваленных обломками, остатки графита и топливных элементов на крышах. Высокие радиационные поля — даже на высоте 50–100 метров в вертолете над развалом можно находиться лишь считанные минуты».

Отсутствие достоверной информации о ядерном топливе, оставшемся в блоке, мешало выработке стратегии, приводило к необходимости принимать избыточные меры безопасности, требующие больших финансовых и дозовых затрат, технических усилий. Как показали дальнейшие исследования, для прямого об-

наружения основных скоплений топлива в помещениях блока потребовались годы. Но можно было зайти с другой стороны и попытаться оценить полное его количество, оставшееся в блоке, по выбросу радиоактивности при аварии.

Следует сказать, что именно десятидневный выброс привел к тому, что авария на ЧАЭС стала огромным экологическим бедствием – тысячи квадратных километров земель были выведены из хозяйственного оборота, необходимо было переселить десятки тысяч людей, обеспечив их всем необходимым, следить за их здоровьем. Поэтому в середине мая команда Беляева, занимаясь текущими вопросами, в основном сосредоточилась на вопросах выброса и, как следствие, загрязнения территорий. С первых дней аварии проводилась большая работа по определению состава выбрасываемой активности. Отбирались пробы воздуха, в том числе непосредственно над горящим блоком, пробы воды в близлежащих водоемах, большое количество проб почвы. Достаточно быстро стало понятно, что выброс имеет две компоненты – *легколетучие вещества* и *мелкодиспергированное топливо*.

Среди первых наиболее опасными являлись йод-131 с периодом полураспада равным 8 суткам ($T_{1/2} = 8$ суток) и цезий-137 ($T_{1/2} = 30$ лет). Йод, накапливающийся в щитовидной железе, провоцирует рак. Медицинская статистика показывает, что после аварии на ЧАЭС число случаев заболевания раком щитовидной железы у детей из районов контроля возросло в сотни раз. Цезий-137 опасен своим гамма-излучением. Попадая на почву, он накапливается в растениях и оттуда поступает в организм человека. Тысячи проб грунта, исследованные за относительно короткое время на содержание цезия-137, позволили определить, что его общий выброс из 4-го блока составил $(33 \pm 10)\%$ от накопленного до аварии. Остальное осталось в пределах блока. Это позволило быстро определить границы зоны отселения по гамма-излучению. В ней загрязнение почвы цезием-137 составило свыше 15 Ки/кв.км. Десятки тысяч человек были отселены уже в первые дни после аварии.

Вторая компонента выброса (та, что и определяет выброс топлива) – «горячие топливные частицы» (рис. 5) – содержала значительное число радиоактивных изотопов, связанных в топливной матрице. Наибольшую опасность из этих изотопов представляют практически чистые альфа-излучатели: плутоний-238, 239, 240. Для них «порогом отселения» было установлено значение свыше 0.1 Ки/кв.км.

С определением выброса плутония возникли большие трудности. Дело в том, что определение его количества в пробах требовало сложного оборудования, высокой квалификации персонала и в лучшем случае занимало несколько дней. В результате все лаборатории страны за летние месяцы сумели сделать меньше сотни анализов на плутоний. При этом один из институтов получил значение выброса, равное 30%, а в Курчатовском институте измерения давали на порядок меньшую величину. Выход из создавшегося положения нашел Спартак Тимофеевич. Насколько я помню, это произошло в середине мая. Вечером на оперативке химики, работавшие в Отделении Беляева, рассказывали о том, что им удалось провести детальные радиохимические и спектрометрические измерения трех проб грунта, отобранных на территориях Украины, России и Беларуси. И Спартак Тимофеевич обратил внимание на то, что соотношение между гамма-активностью церий-144 и альфа-активностью суммы изотопов плутония остается практически постоянным. Это казалось вполне логичным. Церий вылетал из реактора и падал на почву в составе тех же частиц топлива, что и плутоний. Мог бы существовать некоторый разброс в соотношении активностей

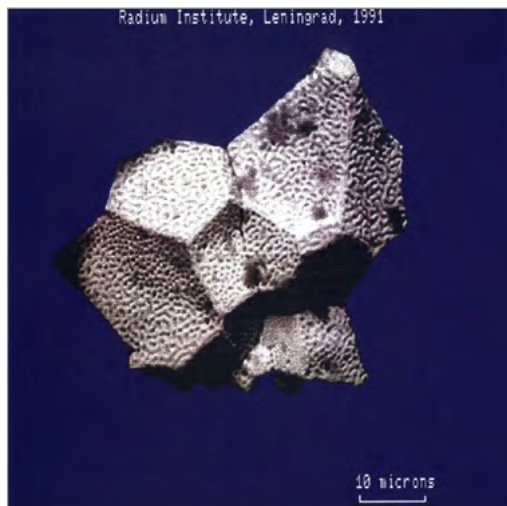


Рис. 5. Микрофотография «горячей частицы» – зерна двуоксида урана



Рис. 6. Топливный баланс при аварии на ЧАЭС

в зависимости от глубины выгорания, но большинство топливных каналов 4-го блока работали всю кампанию и имели близкое выгорание.

После обсуждения специалистами Курчатовского института было предложено использовать этот факт для определения загрязнения почвы плутонием (и, следовательно, топливом), используя «метод корреляции». Вместо сложных и долгих радиохимических анализов на изотопы плутония можно было использовать простое соотношение:

$$A(\text{Pu}) = K_{\text{Pu}} * A(^{144}\text{Ce}),$$

где $A(\text{Pu})$ – суммарная альфа-активность ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu ;

K^{Pu} – коэффициент корреляции;

$A(^{144}\text{Ce})$ – гамма-активность ^{144}Ce .

Последняя измерялась достаточно быстро. Экспериментальная величина K_{Pu} на 26.04.86 г. составляла $\sim 9 \cdot 10^{-4}$ и с хорошей точностью совпадала с расчетным значением. С помощью найденного метода и было найдено количество плутония, загрязнившего почву. Оно оказалось в пределах (3–4) % от накопленного в реакторе. Поскольку плутоний входил в состав топливных частиц, то и топлива было выброшено столько же. Метод был использован всеми лабораториями, занимавшимися аналогичными исследованиями.

Что касается значения в 30%, о котором упоминалось выше, то детальная проверка показала, что оно возникло из-за досадной ошибки.

Летом 1986 года на основании всех полученных данных Курчатовский институт представил в Правительственную комиссию распределение количества выброшенного и оставшегося в блоке топлива.

Из рисунка 6 видно, что в границах будущего объекта «Укрытие» осталось более 96% топлива, находившегося ранее в активной зоне реактора.

Впоследствии, в 1987–1989 годах, в результате работ по анализу тысяч проб грунта приведенные выше цифры подтвердились. Подтвердились они и в ходе исследований на объекте «Укрытие».

ПРОГРАММА «БУЙ»

Итак, 6 мая 1986 года выброс из 4-го блока упал, а затем практически и полностью прекратился. Борьба с аварией окончательно перешла в стадию ликвидации ее последствий.

Аварийный блок представлял из себя страшное зрелище: дымящиеся радиоактивные развалины (рис. 7). Территория вокруг него была завалена обломками разрушенных конструкций. Весь этот мусор был радиоактивен, причем особую опасность представляли находящиеся в нем фрагменты активной зоны – графитовые блоки и части топливных сборок. Такие же материалы находились и на разрушенных верхних отметках блока (так называемый «развал»). Они попали на поврежденную кровлю и внутрь машинного зала, деаэрационной этажерки, на кровлю третьего блока, на площадки вокруг вытяжной трубы и т.п.

На станции прежде всего стали проводиться очистные и дезактивационные работы на территории и у зданий станции. А в Курчатовском институте обсуждались возможности получения информации о внутреннем состоянии разрушенного блока и находящегося там топлива. Команда Беляева (которая со временем разрослась, например, в нее вошел главный инженер института В.Г. Волков) сосредоточилась на необходимости в первую очередь получить информацию с развала блока.

Кроме всего прочего, измерение тепловых потоков, поднимающихся из развала, могло еще раз подтвердить наличие значительного количества топлива в блоке. Вот что вспоминал академик:

«... Явно требовалась надежная и комплексная система диагностики развала реактора. Так возникла программа «Буй»... Но изготовлению «буйев» предшествовали долгие обсуждения, «мозговые штурмы».



Рис. 7. Развал 4-го блока ЧАЭС

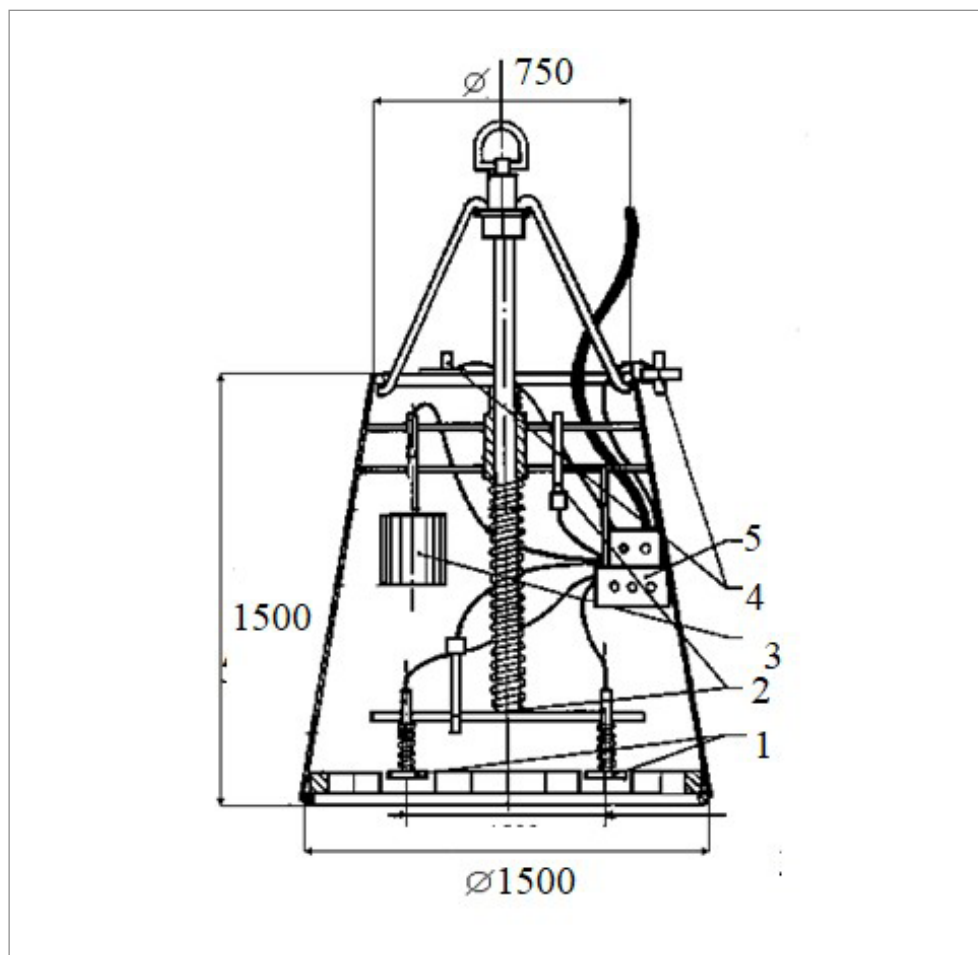


Рис. 8. Детекторы, находящиеся внутри буя.

Обозначения на схеме (размеры в мм)

1. Датчики плотности теплового потока
2. Термометры
3. Детекторы мощности дозы гамма-излучения
4. Анемометры
5. Панели коммуникаций



Рис. 9. Доставка Буя на площадку 4-го блока

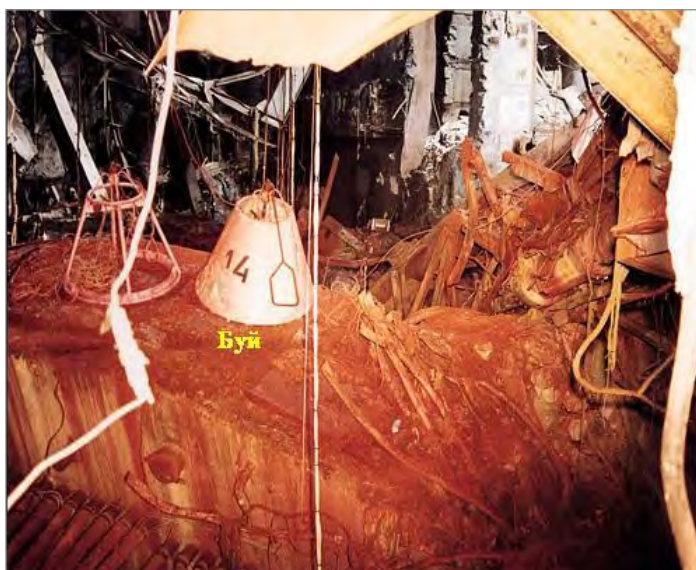


Рис. 10. Буй №14, установленный в развале на выброшенной верхней плите биологической защиты реактора

Каких только предложений не было – и использовать надувные шары с приборами, и перебросить над развалом тросы, по которым двигались бы специальные тележки с аппаратурой. Для определения химического состава выбросов пытались применять лазерное зондирование. Все варианты трудно даже вспомнить».

Программа «Буй» начала осуществляться в июне–июле 1986 года. Комплекс приборов помещался в особый жесткий корпус пирамидальной формы, защищающий от внешних механических воздействий (рис. 8). В каждом бую были смонтированы два преобразователя теплового потока для одновременного из-

мерения температуры и плотности теплового потока на поверхности развала. Внизу, на расстоянии 0,5 м и 1 м от нижней плоскости также были установлены измерители температуры воздуха, примерно посередине буя – детектор мощности дозы гамма-излучения, на верхнем конце буя – шесть анемометров. Вес буя составлял 300 кг.

С помощью вертолетов, а позднее подъемных кранов, удалось в разных местах развала установить 15 буюв примерно со 160 различными детекторами. Кабели от них были выведены на специально оборудованный стенд (рис. 9, 10).

Эксплуатация основной части буюв длилась до конца сентября 1986 года, когда по условиям ведения строительных работ на «Укрытии» были выведены из строя кабели, связывавшие их с центральным пультом.

Передо мной выцветшие от времени графики из рабочего журнала, и я снова рассматриваю их. Все данные, полученные с помощью буюв, указывают на монотонный спад со временем гамма-активности и температуры над развалом. Они соответствуют нашим расчетам. И это указывает на отсутствие в топливе, оставшемся в блоке, самоподдерживающейся цепной реакции.

И еще один вывод. Измерение величины тепловых потоков, выходящих из развала, подтверждает то, что основная часть топлива осталась в развалинах.

Именно Спартак Тимофеевич сыграл определяющую роль в осуществлении программы «Буй» и в интерпретации ее результатов.

УКРЫТИЕ

В середине мая Правительственная комиссия приняла решение о консервации разрушенного блока – строительстве объекта «Укрытие». А в конце мая и начале июня вышли постановления ЦК КПСС и СМ СССР, регламентирующие эту работу.

Сооружение «Укрытия» потребовало огромных усилий ото всех, кто принимал в этом участие: проектировщиков, строителей, монтажников, ученых. Никто и никогда не возводил столь огромную конструкцию в таких тяжелейших радиационных условиях. Сделано это было почти в нереально короткие сроки, всего за 200 дней. В конце 1986 года строительство объекта, закрывшего развалины аварийного четвертого блока ЧАЭС, было закончено.

Две фотографии – развалины 4-го блока ЧАЭС сразу после аварии (рис. 7) и построенное «Укрытие» (рис. 12) – дают, хотя и далеко не полное, представление о масштабах выполненной работы.

Известный французский ученый, профессор Пьер Пелерен написал мне в письме: «Александр, вашим товарищам удалось сделать почти невозможное – запереть дракона в клетку. Теперь надо сделать все, чтобы он не смог выбраться».

Трудность создания «Укрытия» состояла в огромных радиационных полях, не дававших возможность работающим даже приблизиться к развалу реактора. Строители сумели закрыть огромную радиоактивную рану, используя только дистанционные методы работы. И этот вынужденный подход привел к недостаткам возведенного объекта.

Во-первых, невозможно было измерить устойчивость старых конструкций блока, поврежденных взрывами и пожаром, которые должны были служить опорами нового сооружения. Их, как могли, укрепили, залили огромным количеством бетона, но оставалось не известным, сможет ли «Укрытие» противостоять



Рис. 11. Строительство «Укрытия»

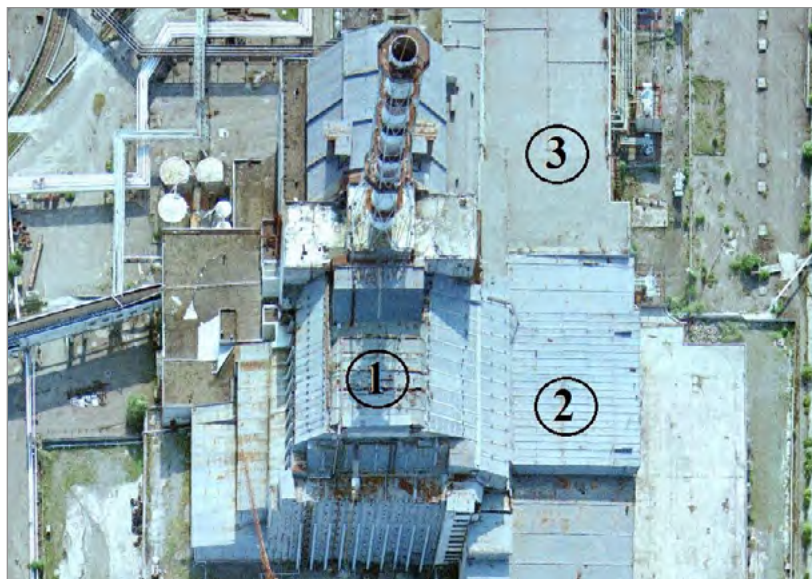


Рис. 12. Объект «Укрытие», 1987 год (аэросъемка).
1 – сам объект. Размеры этого сооружения: основание – 260 м на 165 м, высота – 110 м (как ~30-этажный дом). 2 – часть новой кровли машзала 4-го блока. 3 – часть новой кровли машзала 3-го блока (к моему приезду в 1987 году ее еще не было)

экстремальным природным воздействиям — сильному землетрясению, смерчу. Такие события в Чернобыле происходят очень редко, может быть, один раз в сто лет, но происходят. И это вызывало серьезные опасения.

Во-вторых, даже, если внешние конструкции останутся стоять, то со временем и при небольших воздействиях извне вероятны внутренние обрушения. Тогда на первый план выйдет еще один недостаток объекта. А именно то, что «Укрытие» не удалось сделать полностью герметичным.

При дистанционном строительстве нет возможности очень точно установить огромные металлические конструкции. Не удается и использовать сварку. Между щитами остались щели. Как показали наши измерения, их общая площадь достигала 1000 кв. метров. Через эти щели радиоактивная пыль, образовавшаяся при внутренних обрушениях, может выйти в окружающую среду, в том числе на площадку станции.

И, наконец, хотя и с очень малой вероятностью, дождевая и талая вода, попадая через щели внутрь на скопления ядерного топлива, могла привести к вспышке неконтролируемой ядерной реакции и выбросу радиоактивных газов.

В то же время на территории станции начали работать не поврежденные в результате аварии энергетические блоки, сотни людей. И им, прежде всего, грозила опасность. А при максимальной аварии — и людям, живущим вокруг чернобыльской зоны отчуждения.

Дракон мог проснуться и начать вырываться из клетки.

Чтобы этого не произошло, надо было сделать следующее:

- обнаружить в развалинах блока все скопления ядерного топлива;
- взять их под контроль;
- придумать, как полностью защитить людей и окружающую среду от выброса радиоактивности.

Надо сказать, что первые и очень трудные шаги по поиску скоплений топлива в блоке были сделаны еще в 1986 году.

«Слоновья нога» — топливная лава, застывшая в виде гигантской капли в пом. 217/2 (рис. 13). Доза у поверхности около 150000 Р/час. Скопление было обнаружено разведчиками Курчатовского института в июле 1986 года.



Рис. 13. «Слоновья нога» — топливная лава, застывшая в виде гигантской капли в пом. 217/2

Разведке внутри «Укрытия» мешали не только поля радиации, но и разрушения, а также потоки застывшего бетона, протекшие в здание при строительстве объекта. Они затрудняли, а иногда делали вообще невозможным проникновение во многие помещения. А таких помещений, затронутых аварией, были сотни.



Рис. 14. На Чернобыльской АЭС (слева направо): академик С.Т. Беляев, Ю.В. Алексеев, И.Н. Камбулов, академик Е.П. Велихов (снимок из газеты «Известия»)



Рис. 15. Машинный зал 4-го блока после аварии

Эти задачи возлагались на оперативную группу (ОГ) Курчатовского института. В начале 1986 года она состояла из 30–40 человек, состав сотрудников постоянно менялся. Часто небольшая команда, подготовив свою аппаратуру в Институте, приезжала в Чернобыль и проводила здесь от нескольких дней до нескольких недель. При более длительном сроке происходила смена ее состава. Часть людей, побывав здесь, уже не возвращалась в Чернобыль. Другие после передышки в чистой зоне вновь ехали на работу в ОГ. Мы еще не знали, что для некоторых из нас чернобыльская эпопея затянется на месяцы и годы, а для меня больше чем на 20 лет. Бок о бок с нами работали оперативные группы других ведомств – дозиметристы, медики, военные и др. Сменное руководство ОГ состояло из двух человек: начальника, занимающегося инженерными, хозяйственными и организационными делами, и научного руководителя. В качестве последнего я и приехал в Чернобыль 2 марта 1987 года.

В Москве постоянным научным руководителем ОГ считался Спартак Тимофеевич, с которым мы держали постоянную связь.

ТРУДНЫЙ 87-Й ГОД. СКВАЖИНЫ

Было это, по-моему, уже в середине лета 1987 года. Я как раз собирался в очередную командировку в Чернобыль. Вечером Спартак Тимофеевич Беляев заглянул в нашу лабораторию, находящуюся напротив его кабинета.

– Пойдемте ко мне! Только захватите схемы «Укрытия».

В кабинете академика уже сидело несколько его сотрудников. Он попросил меня нарисовать на доске приблизительную схему 4-го блока и взял мелок.

– Смотрите, что можно сделать. Очистить и дезактивировать сохранившиеся помещения с западной стороны блока, поставить там мощные буровые станки. И через стены, железобетонные конструкции, бетон, попавший в комнаты при строительстве, просверлить скважины в шахту реактора, на нижние этажи блока. Всюду, где могут находиться ТСМ. Длина скважин будет достигать десятки метров, а их диаметр всего несколько десятков сантиметров. Даже если попадем прямо в топливо, то излучение, проходя длинный путь по скважине, в основном поглотится в ее стенках. А от прямого луча можно эффективно защититься. С помощью таких скважин можно подвести к скоплениям ТСМ видеокамеры, детекторы нейтронов, гамма-излучения, измерители температуры и тепловых потоков. Наконец, отобрать пробы вещества скоплений для анализа.

Предложение было, мягко сказать, не обычным. Сразу возникли сомнения, вызванные в основном тем, что присутствующие не были знакомы с возможностями современного бурения. Оказалось, что академик уже проконсультировался со специалистами, и те заверили его, что такое бурение вполне возможно. К концу обсуждения все пришли к общему мнению, что скважины – единственный перспективный способ избежать массового переоблучения исследователей.

Вернувшись в Чернобыль, я принялся разрабатывать тактику наступления. Советовался со специалистами по реакторам, строителями, геологами. Просил приехать из Москвы тех сотрудников Курчатовского института, которые особенно хорошо знали блок. Никто не отказывал в помощи. Приезжали в свои выходные дни, днем и ночью обсуждали места установки буровых станков, направление бурения первых скважин, ходили со мной на блок и на месте решали спорные вопросы. В это же время в Москве начали разрабатывать специальные детекторы, которые можно было вводить через скважины.

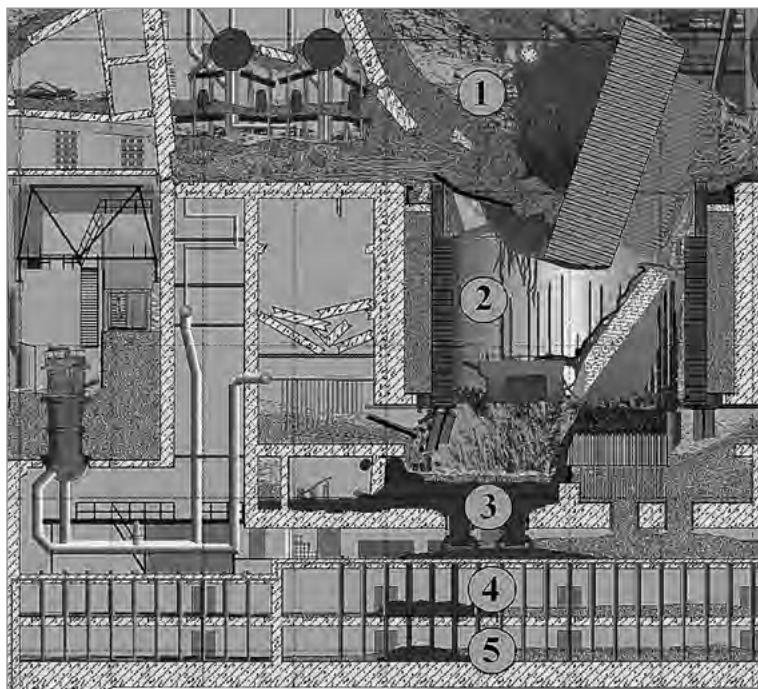


Рис. 16. Топливосодержащие материалы в объекте «Укрытие».

1 – центральный зал, верхние отметки. Фрагменты активной зоны, топливная пыль, лавообразные ТСМ (под слоем сброшенных материалов). 2 – средние отметки, подаппаратное помещение 395/2. Лавообразные ТСМ, фрагменты активной зоны, топливная пыль. 3, 4, 5 – нижние отметки, парораспределительный коридор, два этажа бассейна-барботера. Лавообразные ТСМ, топливная пыль, ТСМ в скоплениях воды

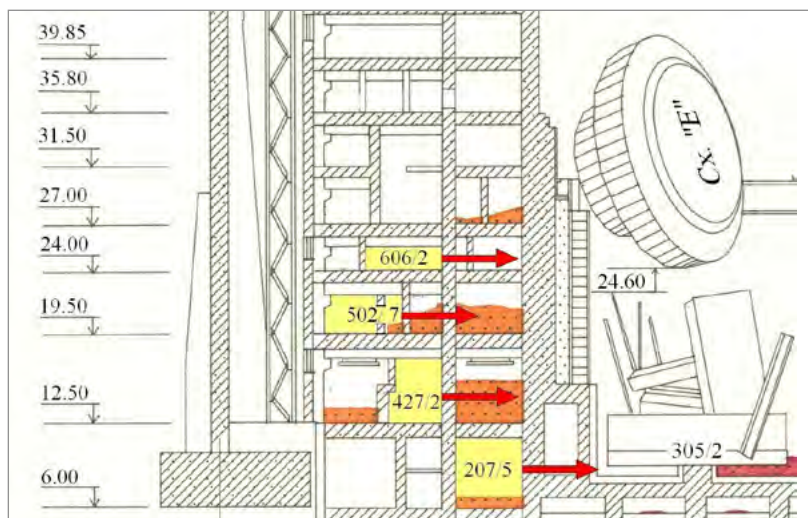


Рис. 17. Направления первых пробуренных скважин на различных отметках в шахту реактора. Желтым цветом выделены очищенные и дезактивированные помещения, коричневым – бетон, попавший в разные помещения при строительстве «Укрытия»

Решающий момент наступил 13 октября 1987 года, когда на заседании Правительственной комиссии рассматривалась предложенная нами программа. Я начал свой доклад, рассказал о бурении скважин, о подготовляемых детекторах и методах измерений. Присутствовавшие начали обсуждать детали, но все, включая Щербину, согласились с необходимостью использовать бурение.

Второй вопрос, который был вынесен на заседание Правительственной комиссии, касался возможных обрушений в «Укрытии» внутренних конструкций. При строительстве объекта информация о состоянии его внутренних конструкций была крайне ограничена. К концу 1986 года благодаря самоотверженной работе разведывательных групп удалось выявить те из конструкций, обрушения которых (например, при землетрясении, пришедшего с Карпат) могли вызвать серьезную аварию. Прежде всего, это была стена, разделяющая машинный зал и деаэрационную этажерку.

На заседании Правительственной комиссии было решено очистить зал от обломков (рис. 15) и укрепить аварийную стену. Вместе с этим усилить еще ряд конструкций.

Для осуществления этой программы в конце 1987 года в Чернобыле была организована Комплексная экспедиция при Курчатовском институте (КЭ), которая комплектовалась из сотрудников Министерства среднего машиностроения. Она включала в себя подразделения научных работников, проектировщиков, буровиков, строителей, монтажников, обеспечивающие службы. Научный отдел был сформирован из представителей крупнейших институтов министерства, а его ядром стала Оперативная группа Курчатовского института.

Этот относительно небольшой (до 50 человек) отдел вел научное сопровождение работ непосредственно в Чернобыле. Общая численность КЭ в наиболее напряженные моменты работы достигала *трех тысяч человек*. Научное руководство КЭ возложили на С.Т. Беляева, а я был назначен начальником Научного отдела.

Следуя намеченному плану, к весне 1987 года были очищены и дезактивированы помещения с западной, а позднее с южной части «Укрытия». В них были установлены буровые станки, и через бетон и металлические конструкции пробурены скважины к местам предполагаемых скоплений ТСМ (рис. 16). Для этого использовался специальный буровой инструмент. Диаметр скважин лежал в пределах от 60 до 150 мм, длина их достигала 26 м. Основная часть скважин шла горизонтально из западных помещений блока (рис. 17).

Меньшее количество скважин было пробурено в направлении с юга на север. Относительно небольшая часть скважин имела наклон и шла вниз или вверх.

Следует особо отметить, что до этого времени нигде в мире буровые работы в таких тяжелых радиационных условиях не проводились. При подготовительных работах буровой станок, весом более трех тонн, разбирался на небольшие узлы. Делалось это в силу необходимости его транспортировки по узким проходам, подчас лазам. Детали переносились вручную, на месте бурения станок собирался.

Сам процесс бурения (рис. 18) сопровождался проведением сложных мероприятий по защите от проникающего излучения и радиоактивных аэрозолей (использовались коллективные и индивидуальные защитные средства). В скважины на длинных штангах вводились видеокамеры, детекторы гамма-излучения и нейтронов, приборы теплового контроля.

В результате проведенных исследований с помощью скважин за период с 1988 по 1991 год удалось взять под контроль до 90% скоплений ТСМ в «Укры-



Рис. 18. Бурение наклонной скважины



Рис. 19. Снимок верхней части шахты реактора

тии», разработать меры по предотвращению локальных аварий, восстановить ход протекания аварийных событий на 4-м блоке ЧАЭС.

Результаты бурения позволили наметить и новые пути проникновения разведывательных групп в помещения «Укрытия».

В качестве примера полученной при бурении информации приведу фото (рис. 19), сделанное через скважину в шахте реактора (верхняя ее часть). Этот снимок, выполненный в начале мая 1988 года, послужил окончательным доказательством того, что шахта реактора практически пуста.

Ее содержимое было сброшено взрывом в подаппаратное помещение и при высокой температуре образовало своеобразную лаву, протекшую на нижние отметки блока.

Таким образом, предложенная Беляевым технология позволила за два с половиной года, минимальным образом облучая сотрудников, получить значительный объем информации о скоплениях ТСМ в «Укрытии». В том числе и об их элементном составе. Создать диагностическую систему «Финиш», обеспечившую постоянный контроль за скоплениями (рис. 20).



Рис. 20. Дежурная смена операторов проводит измерения на пульте системы «Финиш»

По ходу изложения не могу не сделать следующее замечание. При аварии на АЭС Фукусима (Япония) были разрушены три блока и ядерное топливо, как и на ЧАЭС, расплавив корпуса реакторов, попало на нижние отметки зданий. Для обнаружения образовавшихся ТСМ и их изучения были использованы роботы самой различной конструкции. С момента аварии прошло уже 15 лет. Была приложена масса усилий ведущими японскими и мировыми фирмами, созданы уникальные устройства, потрачены сотни миллионов долларов, но до сих пор удалось отобрать и исследовать только две малые пробы ТСМ.

На этом фоне технология, предложенная Спартакoм Тимофеевичем Беляевым, выглядит особенно выигрышной.

«ЦЕНА» ЧЕРНОБЫЛЯ

После аварии вся информация о ней была закрыта. Население довольствовалось короткими сообщениями. Первыми об аварии из официальных источников (местное радио) через 36 часов (!) после взрыва узнали жители Припяти. Им сообщили о «временной эвакуации в связи с неблагоприятной радиационной обстановкой».

28 апреля, в 21:00 (с момента аварии прошло почти 80 часов!), ТАСС передало: «На Чернобыльской атомной электростанции произошла авария. Поврежден один из реакторов. Принимаются меры по ликвидации последствий аварии. Пострадавшим оказывается помощь. Создана Правительственная комиссия».

Наша работа проходила в условиях повышенной секретности. Мы должны были писать свои отчеты в специальных прошитых тетрадях с пронумерованными листами и сдавать их на хранение в первый отдел. Все значимые слова, такие как, например, ЧАЭС, уран, плутоний, выгорание, заменялись другими, отчетный документ приобретал бессмысленный вид и читался только с помощью специального словаря-переводчика. Со временем режим секретности ослаблялся, а окончательно был отменен только через два года.

Эпизод, о котором я хотел бы рассказать, произошел в 1988 году, когда уже можно было открыто говорить о проблемах Чернобыля.



Рис. 21. Чернобыльская зона



Рис. 22. Зона отселения. Покинутый дом

Спартак Тимофеевич, наряду с другими делами, поручил мне составлять обзоры по разведанным помещениям «Укрытия». Я делал это в его кабинете и невольно стал свидетелем разговора, который очень заинтересовал меня.

Визитер, скорее всего репортер, задал вопрос:

— Можете ли Вы дать общую характеристику чернобыльской аварии, какое место она занимает среди других бедствий по своим масштабам и последствиям, как вы расцениваете успешность работ по ликвидации ее последствий.

Приведу по памяти ответ Спартака Тимофеевича. Сказал он примерно следующее:

«Сравнивать, конечно, имеет смысл с другими техногенными авариями, произошедшими на промышленных объектах. И, прежде всего, по потерям, которые нельзя восстановить, — по гибели людей. Теперь эти данные стали от-

крытыми для Чернобыля, и они такие. Сначала у почти полутысячи человек подозревали лучевую болезнь. Но после медицинского обследования это подтвердилось только для 130 человек. 31 из них спасти не удалось. Остальных вылечили. Среди жителей не было обнаружено ни одного случая острой лучевой болезни. Не увеличилась и смертность населения.

Совершенно ничем не обоснованными оказались панические заявления зарубежных средств массовой информации о тысячах погибших. По числу смертей авария на ЧАЭС занимает далеко не первое место. Оно принадлежит выбросу ядовитого газа на химическом заводе в Бхопале (Индия), в результате которого погибли почти 20 тысяч человек (точная цифра – 18 тысяч). Произошло это в декабре 1984 года.

Другая невосполнимая потеря – это, так называемая **10-километровая зона** вокруг ЧАЭС (рис. 21). Она стала не пригодной для жизни практически навсегда.

Зараженность земли во многих ее местах выброшенным плутонием превышает безопасное значение 0.1 Кюри на квадратный километр. А период полураспада ^{239}Pu составляет примерно 24110 лет.

Существует и **30-километровая зона отчуждения, площадью около 2 500 км²**.

Из нее были эвакуированы жители в 1986–1987 годах. Всего более 100 тысяч человек. Через 50–60 лет эта зона может стать частично пригодной для жизни.

Переселенные люди потеряли все: работу, жилье (рис. 22), привычный образ жизни. И это стало главной особенностью, главной болью чернобыльской трагедии. Многим из них это сократило жизнь.

Большую цену мы уже заплатили за Чернобыль.

Государство оказывало посильную помощь, но полностью компенсировать потери конечно не могло.

Что касается Вашего второго вопроса – оценки успешности работ по ликвидации последствий аварии, то я не хотел бы отвечать на него по нескольким причинам. Во-первых, потому что работы по ликвидации последствий аварии еще далеко не окончены. Во-вторых, я по мере своих сил, участвую в этих работах и не хотел бы сам оценивать их успешность».

НОВЫЙ БЕЗОПАСНЫЙ КОНФАЙНМЕНТ

К середине 1989 года после всех исследований, которые выполнила КЭ на «Укрытии», стало возможным более точно оценить его долговременную безопасность. Уже перечислялись все недостатки, которыми обладал объект. Наиболее опасные удалось ликвидировать, но далеко не все. Укрепленные конструкции по оценкам строителей могли простоять еще 30 лет. Но до части поврежденных балок и стен добраться не удалось и их надежность оставалась неопределенной. Как уже говорилось, общая площадь щелей в кровле и боковых стенах, через которые в объект попадала вода и могла выйти радиоактивная пыль, составляла около 1000 м².

Со временем безопасность объекта только уменьшалась. Все это стало основным предметом обсуждений после моего возвращения в Москву в середине 1989 года. В результате С.Т. Беляев и я решили предложить свою концепцию особо долговременного и экологически безопасного захоронения 4-го блока. Она предлагала несколько возможных вариантов, но наибольшее внимание вызывал один. Создание над существующим объектом герметичного «Укрытия-2»,

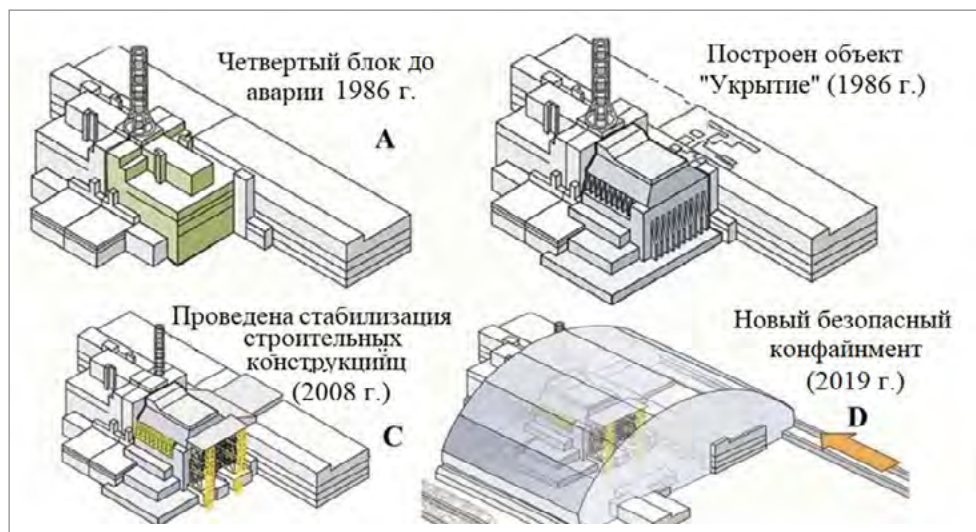


Рис. 23. Основные стадии преобразования «Укрытия»



Рис. 24. НБК, закрывший объект «Укрытие»

позволяющего полностью изолировать внешнюю среду от ТСМ внутри объекта при любых возможных воздействиях (землетрясения, смерчи и т.п.). Одновременно «Укрытие-2» должно было служить надежной оболочкой, под которой можно было бы провести разборку объекта.

Сама процедура – вывод блока из эксплуатации, предполагающая превращение места его нахождения в «зеленую лужайку», могла быть отложена на срок до 100 лет. За это время, во-первых, существенно уменьшится активность ТСМ и, во-вторых, появятся методы и средства, позволяющие сделать разборку 4-го блока более безопасной. Важным обстоятельством было то, что строительство

самого «Укрытия-2» могло идти в несравненно более благоприятных радиационных условиях, чем предыдущего. Через некоторое время термин «Укрытие-2» заменили на *«Новый безопасный конфайнмент» – НБК*.

Первым, с кем мы обсудили это предложение, был Евгений Павлович Велихов, и в целом оно ему понравилось. Он посоветовал обратиться в только что созданное Министерство атомной энергетики и промышленности. Здесь возникли некоторые колебания. Действительно, совсем недавно был построен объект «Укрытие». Это потребовало огромного напряжения сил практически всей страны.

И вот через три года Курчатовский институт выходит с предложением о его перестройке. Мы несколько дней обсуждали текст докладной записки и в конце концов направили ее на имя Министра атомной энергетики и промышленности В.Ф. Коновалова. В ней, в частности, предлагалось провести предварительную проработку различных вариантов НБК одному из проектных институтов. Ответ пришел очень быстро и, к нашему удивлению, сугубо положительный. Министр дал соответствующее поручение, и Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт энергетических технологий (ВНИПИЭТ) подготовил несколько вариантов преобразования «Укрытия» в НБК.

15 марта 1991 года результаты работы ВНИПИЭТ обсуждались на Научно-техническом совете министерства. Мнения о возможном виде НБК разделились, и было решено продолжить работу.

* * *

С этого началась долгая и трудная история борьбы за реализацию нашей идеи, которая продолжалась уже не нами и окончилась лишь в 2019 году. Через 30 лет (!) после того, как Спартак Тимофеевич Беляев вошел в нашу комнату и сказал: «Мы с Евгением Павловичем еще раз посоветовались и все же решили отправить нашу записку в министерство».

На рисунках представлены основные стадии преобразования «Укрытия» и его окончательный вид (рис. 23, 24).

ЧАЭС В СОСТАВЕ УКРАИНЫ

Украина провозгласила свою независимость 24 августа 1991 года. С этого момента все вопросы ликвидации последствий аварии на ЧАЭС перешли под управление украинских организаций. В том числе и дальнейшая судьба «Укрытия».

В Курчатовском институте разгорелась острая дискуссия о дальнейшей судьбе Комплексной экспедиции. Научная общественность разделилась на два лагеря. Одни говорили, что нам надо уйти из Чернобыля и подождать, пока новое Правительство Украины пригласит нас вернуться, чтобы мы могли сделать это на собственных условиях. Беляев их поддержал.

Другие сотрудники возражали, утверждая, что никто нас приглашать не будет, поскольку украинское руководство вряд ли понимает потенциальную опасность объекта. А технический персонал еще недостаточно подготовлен, чтобы действовать самостоятельно. И это может привести к новой беде.

Я был полностью на стороне последних. К этому моменту мне удалось познаться с ситуацией, поскольку пришлось отчитываться перед комиссией Верховной рады по Чернобылю о состоянии дел на «Укрытии».

Опасения, что проблемы безопасности и технические детали могут быть недостаточно понятны, не оправдались. Они просто никого не заинтересовали. Многочисленные вопросы касались только моей национальности и гражданства, национального состава Комплексной экспедиции и наших взаимоотношений с украинскими коллегами. Вопросы безопасности объекта депутатов не интересовали.

Однако в Национальной академии наук Украины целиком полагались на курчатовцев.

Были еще две важные причины, согласно которым мне казалось невозможным уйти из Чернобыля. Первая – надо было инициировать создание НБК. Вторая – мы еще далеко не до конца изучили результаты того страшного «эксперимента», который поставила авария и которые никогда не могли бы быть повторены в лаборатории.

А это было важно, как для общих вопросов безопасности АЭС, так и для других проблем ядерной физики.

* * *

Я хорошо помню тот день, когда Спартак Тимофеевич несколько раз прибежал в нашу комнату и приводил свои аргументы против продолжения работы в Чернобыле. А я прибежал в его кабинет со своими контраргументами. К концу дня, уже охрипнув от споров, я сказал, что пойду к Велихову.

Директору Курчатовского института понадобилось 5 минут, чтобы принять мою аргументацию, после чего он недолго помолчал и сказал: «Я представляю, как можно решить проблему. Но решать ее надо не с Верховной Радой, а с Патеном, с Академией Наук».

Межотраслевой научно-технический центр «Укрытие» Национальной академии наук Украины (МНТЦ «Укрытие») должен был заниматься всеми вопросами, связанными с объектом. Между Академией и Курчатовским институтом было подписано «Соглашение о сотрудничестве». Согласно ему специалисты Курчатовского института, Института проблем безопасного развития атомной энергетики (ИБРАЭ) РАН, Радиового института и других российских НИИ продолжали работу в Чернобыле и на объекте «Укрытие» вахтовым методом. Они командировались в *Отделение ядерной и радиационной безопасности* МНТЦ (ОЯРБ). В первые годы работы МНТЦ общее число сотрудников российских институтов превышало 40 человек. Мне поручили возглавить ОЯРБ.

После этого Спартак Тимофеевич перестал заниматься Чернобылем. Теперь, возвращаясь из командировок, я, в первую очередь, шел с докладом и просьбами к Е.П. Велихову.

Сейчас, по прошествии стольких лет, мое решение представляется не таким уж бесспорным. Но в то время Украина воспринималась нами как почти родная страна. И мы не представляли себе, что в следующие десятилетия она начнет медленно, но верно превращаться в вотчину бандерофашизма. О том, как это сказывалось на нашей работе в Чернобыле, – отдельный рассказ.

* * *

В начале 2000-х годов, во время очередного приезда в Москву, я шел по территории института, когда услышал сзади шаги, и кто-то обнял меня за плечи.

Спартак Тимофеевич! Мы виделись с ним несколько месяцев назад, да и то мельком.

— Александр Александрович, пора возвращаться, надо возвращаться. Я говорил с друзьями на Украине.

Через короткое время я понял, что он прав.

И я вернулся.



Рис. 25. С.Т. Беляев в кабинете

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ¹

— Спартак Тимофеевич, как известно, сразу же после аварии в Чернобыль прибыли не только руководители высокого ранга и военные, но и ученые. Какова была роль науки в проведении работ на разрушенном блоке, какую долю ответственности она несет за решения (правильные или не вполне), принятые там после 26 апреля!

— Не согласен с самой постановкой вопроса. Во-первых, надо отделить науку от принятия решений. Истинная наука производит знания, устанавливает факты и отвечает только за их достоверность, но никогда никаких решений не принимает. И лишь в силу социального невежества нашего общества на науку и ученых вешают все огрехи. Но в чрезвычайной ситуации Чернобыля трудно отделить науку от принятия решений — многие действия там одновременно преследовали и научно-технические, и политические

¹ Беседа с корреспондентом журнала «Природа» Г.М. Львовским опубликована в журнале «Природа», № 11, 1990 года.

цели. Во-вторых, следует избегать еще одной путаницы: есть наука, а есть люди в науке. Люди в науке имеют свои интересы — научные и политические, групповые и личные — и могут по-разному использовать те данные, достоверные или не очень, которыми располагают. Поэтому нужно различать, что есть наука, а что делается людьми науки.

К примеру, сейчас очень сложное положение с научной или даже околонучной информацией о Чернобыле — реальные данные тонут в море домыслов, искаженных слухов. Конечно, то, что эту информацию так долго закрывали, — беда номер один. Но надо понимать, что, хотя ее и скрывали от населения, ее никогда не скрывали от людей, которым она была нужна для принятия решений, от специалистов, которые могли дать независимые оценки, предложить альтернативные варианты. С первых дней после аварии под руководством В.А. Легасова в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова ежедневно собиралась рабочая группа — своего рода мозговой центр, где проводился анализ ситуации и поиск возможных решений. И какая бы проблема перед нами ни возникала, мы всегда старались привлечь к ее решению как можно более широкий круг специалистов, рассматривали все методы, которые предлагались, приветствовали любые обращения к нам. Мы никого не отталкивали, никогда не говорили «не надо». Давали возможность поехать в Чернобыль, присмотреться на месте, попробовать. У кого-то получалось, у кого-то нет. Фактически там сейчас остались работать те, чьи предложения оказались лучше, кто выиграл это неявное соревнование.

— Но из-за того, что эти проблемы обсуждали только специалисты, остальные узнавали о ходе работ главным образом из отрывочных и не всегда объективных сообщений газет и телевидения. Не могли бы Вы подробнее рассказать об этих работах!

— С самого начала возникло множество вопросов. Первый: не продолжается ли в разрушенном реакторе цепная реакция? Быстро стало очевидным, что она прекратилась, — по отсутствию в спектрах воздушных радиоактивных выбросов гамма-линий короткоживущих изотопов, постоянно рождающихся при цепной реакции. Надо сказать, что, несмотря на очевидность такого вывода для специалистов, этот вопрос затем неоднократно задавали вновь.

Второй вопрос: где топливо и сколько его выброшено? Надо представлять обстановку — разрушенный блок, раскрытый реактор, все завалено обломками, остатки графита и топливных элементов на крышах. Высокие радиационные поля — даже на высоте 50–100 м в вертолете над развалом можно находиться считанные минуты. Возникали самые разные спекуляции на тему о том, сколько топлива выброшено — говорили, что половина или больше. А тут еще весьма уважаемая организация после замеров следов плутония в почве оценила выброс в 30% (потом все объяснилось грубыми ошибками при радиохимическом анализе). Для ведения работ на площадке станции необходимо было установить нахождение хотя бы самых крупных масс топлива — концентрированных источников радиации. Измерение гамма-поля обычными дозиметрами дает лишь усредненную картину. Напомню, что пробег гамма-квантов в воздухе составляет сотни метров, так что поля разных источников, расположенных на меньших расстояниях, сильно перекрываются. Обнаружить такие источники можно лишь при детальной съемке поля, что в трудных условиях Чернобыля было нереально. Грубые же измерения полей часто приводили к ложным обнаружениям топливных масс.

Так, в первые недели считали, что чуть ли не основная масса топлива попала в машинный (генераторный) зал. Для «топографической» съемки были быстро сконструированы и изготовлены детекторы со свинцовыми коллиматорами. Установленные на вертолетных подвесках, они дали возможность получить карту радиоактивных источников на площадке станции, крышах зданий с разрешением порядка 10 м^2 . Выяснилось, в частности, что топлива в машинном зале практически нет — в основном оно находится в здании ректора.

Узнать полный объем топлива в помещениях блока, измеряя гамма-поля, невозможно из-за неопределенности, вносимой поглощением гамма-квантов в самих топливных массах и завалах строительных конструкций. Возникла идея оценить количество топлива по выделяемому им теплу (все топливо реактора выделяло около 1 МВт). Но как измерить это тепло? Пробовали разные методы. Сначала — самые простые. С вертолетов создавалась плоская дымовая завеса, а мы, наблюдая за поднимающимися вверх волнами, обнаруживали топливо по конвективным воздушным потокам. Замеряя температуру и скорость потоков, можно было грубо рассчитать количество топлива. Затем пробовали в разных местах установить дозиметры, температурные датчики и другие приборы. Пытались опускать их на тросе с вертолета, но они разбивались или быстро выходили из строя, поскольку попадали на совершенно неизвестную поверхность, в неконтролируемые условия. А усилия на установку приборов тратились большие. Напомню только операцию «Игла» — установку металлического стержня с гирляндой датчиков в саму воронку развала, что потребовало отменного мастерства и мужества от вертолетчиков. Явно требовалась надежная и комплексная система диагностики развала реактора. Так возник проект «Буй»: комплекс приборов помещался в особый жесткий корпус пирамидальной формы, защищающий от внешних механических воздействий. С помощью вертолетов удалось в разных местах развала установить свыше десятка «буев», кабели от которых были выведены на специально оборудованный стенд. Эта система надежно проработала вплоть до сооружения Саркофага, когда ее заменила другая, более совершенная. Но изготовлению «буев» предшествовали долгие обсуждения, «мозговые штурмы». Каких только предложений не было — и использовать надувные шары с приборами, и перебросить над развалом тросы, по которым двигались бы специальные тележки с аппаратурой. Для определения химического состава выбросов пытались применять лазерное зондирование. Все варианты трудно даже вспомнить.

Одним из самых важных был вопрос о выбросах радиоактивности. Активная стадия аварии и основные выбросы прекратились через 10 дней после взрыва (рис. 26). Однако периодически возникали подозрения, что выбросы продолжают и идет сильный перенос радиоактивности. Расскажу лишь об одном таком ЧП. Самолет военных химиков, поднимаясь по спирали над разрушенным блоком до высоты $1,5 \text{ км}$, замерял активность в воздушном столбе над реактором. Военные считали, что этот столб смещается в сторону со скоростью ветра, перемножали его объем на концентрацию активности и скорость переноса и получали огромную величину выброса. Мы же видели, что выбросы гораздо меньше. Спрашиваем: а почему на площадке АЭС активность не растет? Нам отвечают: перенос идет в верхних слоях воздуха, а внизу незаметен. Как понять, кто прав? Мы сделали простой расчет — прикинули,

с какой скоростью поток радионуклидов из блока должен идти вверх, чтобы он успевал наполнить столб высотой 1,5 км за то время, пока ветер пронесит его мимо развала. Эта скорость оказалась втрое больше скорости звука, что невозможно. В действительности радиоактивный столб воздуха («шлейф») не сносился, а постоянно стоял над реактором. Правда, вдоль «шлейфа» медленный перенос активности шел.

Вывод о практическом отсутствии дальнейшего загрязнения мы проверили и по-другому. Для работы в районе Чернобыля был привлечен вертолет геологов с канадской детектирующей системой «Макфар». Обычно он используется для аэрогеологической разведки. На его борту стоит ЭВМ, которая одновременно проводит геодезическую и гамма-съемку, выдавая карту загрязнений. Автопилот ведет вертолет параллельными галсами, так что за рабочий день можно снять карту в квадрате 15×15 км. Мы выбрали 6 квадратов с разных сторон от ЧАЭС и поочередно проводили в них съемки, так что через 6 дней вертолет возвращался к прежнему квадрату. Повторили цикл 3 раза, а затем сравнили карты между собой. Оказалось, что они почти не изменились, — небольшая миграция активности была, особенно там, где высокие градиенты, но ни о каком повторном загрязнении из-за новых выбросов и речи быть не могло.

Из-за высокой активности на площадке АЭС постоянно велась дезактивация, почву засыпали песком, покрывали бетоном, люди и машины приносили на нее новую радиоактивную «грязь», так что радиационная ситуация постоянно менялась. Как быстро обновлять карты заражения с учетом этих изменений? С первых же дней предлагали использовать люминофоры — скажем, разливать их по земле и по характеру свечения сразу же узнавать распределение активности. Но ведь это дорого, да и чтобы заказать их где-то и привезти, нужно немало времени. Потом возникла простая и красивая идея — воздух тоже в какой-то степени люминофор. Скажем, ионизированный азот излучает ультрафиолет. Мы тут же начали разрабатывать методику ультрафиолетовых съемок, изготовили и наладили довольно хорошую аппаратуру,

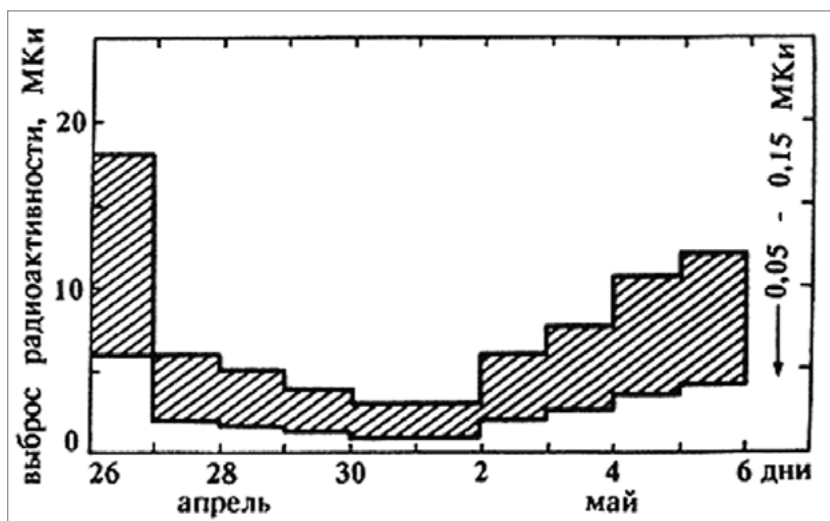


Рис. 26. Выброс радионуклидов из 4-го блока на активной стадии аварии. Заштрихованная часть гистограммы соответствует погрешности измерений

а затем ночью с высоких точек снимали всю площадку. Таким образом, возникла новая аппаратура и методика исследований. Она нам потом помогла при разведке помещений внутри блока перед дезактивацией: на ультрафиолетовых снимках фиксировались пятна радиоактивной грязи. Этот пример — один из многих. Кстати, люминесценцию мы использовали в другом новом приборе для быстрого поиска в пробах грунта «горячих частиц». Обычно для этой цели применяют радиографию: на тонком слое почвы закрепляют фотопленку, через сутки ее проявляют и по темным пятнам определяют места расположения горячих частиц. Остается еще найти эти частицы в слое почвы. Мы разработали более быстрый способ: проба рассыпается по люминесцентному экрану, а горячие частицы обнаруживают по светящимся точкам на нем через микроскоп. Этот экспресс-метод позволил собрать и изучить многие сотни горячих частиц.

Сегодня работы в Чернобыле в 1986 году воспринимаются как пожарные, спонтанные. Наверное, в значительной степени так и было. Только после возведения «Саркофага» началось систематическое изучение 4-го блока.

— Поскольку вначале информация о работах по ЛПА была не слишком подробной, вокруг этих работ возникало множество мифов и слухов, которые ходят и до сих пор. Хотя некоторые из связанных с ними вопросов, возможно, покажутся вам некорректными или даже неграмотными, хотелось бы все же задать их вслух и получить ответ. Прежде всего, у многих вызывает сомнение официально объявленная величина выброса — 3,5% топлива. В докладе МАГАТЭ указано, что из реактора выброшено около трети графита, а поскольку топливные стержни насквозь пронизывали графитовую кладку, многие усматривают противоречие между этими двумя величинами. Быть может, объяснить это противоречие можно так: сколько выброшено топлива при взрыве, сказать трудно, но после очистки крыши, площадки АЭС, самого блока под Саркофаг действительно удалось собрать 96,5% топлива!

— Давайте прежде определим, что понимать под словом «выброшено». Если иметь в виду «выброшено из шахты реактора», в том числе в соседние помещения, в центральный зал, в подреакторное пространство, на ближайшие крыши — то оценить такой выброс действительно сложно. В конце концов, сейчас мы видим, что в самой шахте реактора почти ничего не осталось — можно считать, что в этом смысле выброшено все. Но говорит ли о чем-нибудь такое понятие «выброса»? Я считаю, что мы должны учитывать не ту активность, которая была собрана управляемыми бульдозерами, сброшена в завал с крыш, укрыта во временных хранилищах, залита бетоном при строительстве Саркофага, а только ту, которая осталась на землях Украины, Белоруссии, России и создает радиационный фон. Она измерена надежно, известно даже, сколько ее выпало в Европе, США, Японии, сколько рассеялось над просторами океанов. Что касается выброшенного графита, то у меня вызывает сомнение точность оценки. Я бы не строил рассуждения на одной непроверяемой цифре, принимая ее за аксиому. Графит горел много дней, и, думаю, никто не знает, сколько его было выброшено на окрестности, а сколько сгорело или лежит в центральном зале, куда мы долго не могли проникнуть.

И второе соображение. Надо различать выброс топлива и выброс радиоактивности, это не одно и то же. Мы знаем, сколько и каких радиоактивных изотопов образовалось в каждом грамме топлива. Во время взрыва часть диспер-

гированного топлива вместе с содержащейся в нем радиоактивностью была выброшена в атмосферу. Это «топливная» компонента выбросов. Ее характерная особенность — фиксированный набор радиоактивных изотопов, связанных в урановой матрице. Типичные «топливные» нуклиды — плутоний, церий и в значительной мере стронций. Однако во время аварии топливо нагревалось до высоких температур, и при этом летучие элементы (в частности, йод и цезий) выходили из топливной матрицы в виде летучих радиоактивных выбросов. «Топливная» компонента в основном выпала в 30-километровой зоне, а летучие выбросы распространялись на большие расстояния, образуя там, где были сильные осадки, интенсивные пятна загрязнений. Когда мы говорим о выбросе 3,5%, то это относится к нуклидам топливной компоненты. Что касается летучих нуклидов, то их выбросы следует определять индивидуально.

Самым главным было определить выбросы наиболее опасных для человека нуклидов — иода, цезия, стронция и плутония. В первое время особенно важен был плутоний: по нему нормы особенно жесткие. А измерять его непросто, так как он излучает не гамма-кванты, а только альфа-частицы. Требуются предварительно сложные радиохимические реакции для его выделения, а лишь после этого — измерения на альфа-спектрометре. Это неделя хорошей работы для квалифицированной группы радиохимиков и спектроскопистов. Ясно, что на основании таких анализов оперативно снять карту загрязнений плутонием невозможно — во всей стране не хватит специалистов.

Чтобы стало ясно, насколько это тонкая работа, приведу пример. Как-то нам присылают результаты анализов из одного очень хорошего института. Там вдруг нашли огромное количество плутония в почве. Но что удивительно: из блока примерно в равной пропорции выброшены три изотопа — ^{238}Pu , ^{239}Pu и ^{240}Pu , а в анализе присутствует только ^{239}Pu . Оказывается, при анализе пользовались посудой, в которой когда-то работали с этим изотопом, а концентрация плутония в пробах настолько мала, что этого оказалось достаточно, чтобы исказить результат. Случались и другие ошибки. Нам даже пришлось создать специальную бригаду, которая проверяла сомнительные результаты. И соотношение в анализе разных изотопов было надежным критерием достоверности. Скажем, в выбросе присутствовали два изотопа цезия — ^{134}Cs и ^{137}Cs , церия — ^{141}Ce и ^{144}Ce , рутения — ^{103}Ru и ^{106}Ru . Отношение изотопов цезия служило своеобразными «отпечатками пальцев» чернобыльской аварии — оно сильно зависит от выгорания топлива, и анализ этого соотношения помогал выделять чернобыльские осадки на фоне глобальных выпадений от испытаний атомного оружия. Как-то раз нам сообщили из Литвы, что на Куршской косе обнаружили повышенное содержания цезия. Мы организовали экспедицию, проверили. Действительно, цезия там было несколько больше, чем вокруг (хотя и в пределах фона), но, судя по соотношению изотопов, никак не «чернобыльского». Еще более надежным критерием могло служить отношение изотопов рутения — там две очень близкие спектральные линии на большом сплошном фоне, и, чтобы их разделить, нужны очень высокая квалификация и хорошая аппаратура. Если это удалось, значит, анализ проведен достаточно тщательно.

Однако карта заражения плутонием была сделана очень быстро. Помогло то, что тугоплавкий плутоний (температура кипения около 4000°C) надежно

связан с урановой матрицей, как и церий, который химически близок к плутонию, но испускает гамма-кванты. И все наши анализы показывали строгую корреляцию между содержанием церия и плутония — оба элемента присутствовали в одних и тех же топливных частицах. Поэтому нам удалось, измеряя гамма-излучение церия, построить карту распределения плутония. Конечно, коэффициент корреляции мы постоянно проверяли, делаем это и до сих пор.

— То, что из реактора было выброшено значительное количество активности, во многом связано с длительным горением графита. Но и сам этот пожар вызывает вопросы. Многие недоумевают, почему загорелся графит, — ведь температура его воспламенения значительно выше тех 2000°С, до которых, по официальным сведениям, нагрелась активная зона. Некоторые говорят, что роль катализатора сыграл цирконий, и что в графитовом реакторе не стоило использовать циркониевые трубы.

— Я немного интересовался этим, хотя и не химик по образованию. В действительности у графита даже нет определенной температуры воспламенения — все зависит от среды, в которой он находится. Однозначно сказать, почему он загорелся, трудно. Я не исключаю, что в некоторых точках активной зоны были очень высокие температуры и возникли условия, при которых графит мог загореться. Быть может, как-то повлиял и цирконий. Полной картины процессов после взрыва у нас пока нет. Честно говоря, это направление анализа чернобыльской аварии несколько отстает от других. Хотя много экспериментов с графитом уже проведено, и множество идей обсуждалось, восстановить происшедшее в деталях еще не удалось.

— Приходилось слышать самые разные мнения по поводу решения сбрасывать в развал реактора мешки с песком, доломитом, глиной и другими материалами. Одни считают, что это уменьшило выброс активности из блока, другие — что засыпка стала преградой на пути конвективных потоков воздуха через активную зону, поэтому остатки топлива снова начали разогреваться, и этим объясняется некоторое увеличение радиоактивных выбросов на 6-й день после аварии. С другой стороны, говорят, что основная часть сброшенных материалов вообще не попала в шахту реактора.

— Они и не могли туда попасть полностью — шахта имеет диаметр около 15 м, а сбрасывали мешки с большой высоты. Сейчас мы видим, что шахта почти пуста, и трудно сказать, что произошло с материалами, которые туда попали. На блок было три сильных воздействия — сначала взрыв, потом засыпка с вертолетов и, наконец, заливка бетоном при строительстве Саркофага, которую вели дистанционно и потому почти не могли контролировать. Сейчас очень сложно разделить результаты этих воздействий — скажем, в расплавах, содержащих окись урана и кремний. Неясна пока и причина увеличения выброса после 2 мая. Наверное, зная состояние блока в деталях, можно рассчитать такую последовательность и технологию засыпки, которая минимизировала бы выброс, но тогда мы не обладали такими знаниями, да и сегодня узнали не все.

Скажем, часто спрашивают, нужно ли было сбрасывать в развал свинец, не загрязнило ли его кипение площадку дополнительно. Но мы внутри блока пока не обнаружили свинца и не знаем, куда он попал или куда ушел, расплавившись. Когда перестраивался машинный зал, оттуда вынимали мешки, сброшенные с вертолетов сквозь крышу, но среди них не оказалось ни одного со свинцом. В подреакторных помещениях свинца тоже нет. Может быть, он

лежит в центральном зале, завалы в котором еще не исследованы до конца? Нет свинца и вне блока. В конце 1986 — начале 1987 года на Украине были тревоги, говорили, что кое-где в почве слишком много свинца. Мы специально брали пробы, проверяли. Свинец был, но в обычных природных количествах, не больше. С тех пор сведений о загрязнении свинцом к нам не поступало.

— Сейчас, когда и неспециалистам стало ясно, что Саркофаг — не окончательное решение проблемы захоронения 4-го блока (раньше об этом как-то не задумывались или не говорили вслух), у многих возникли сомнения в достоинствах выбранного проекта или даже вообще в необходимости такого строительства. Кое-кто утверждает, что лучше было с помощью мощной землеройной техники просто засыпать блок землей, превратив его в гигантский холм.

— Я в отборе проектов не участвовал и не знаю, как он шел, но мне кажется, было сделано все, чтобы выбрать оптимальный в условиях лета 1986 года вариант. То, что множество активных обломков, лежавших в завалах с северной стороны, нужно было замуровать в каскадной стене, представляется очевидным. Некоторые другие решения тоже однозначно вытекали из ситуации — скажем, крыша из трубного наката. Вначале хотели сделать свинцовую или бетонную, но расчеты показали, что стены блока не выдержат их веса.

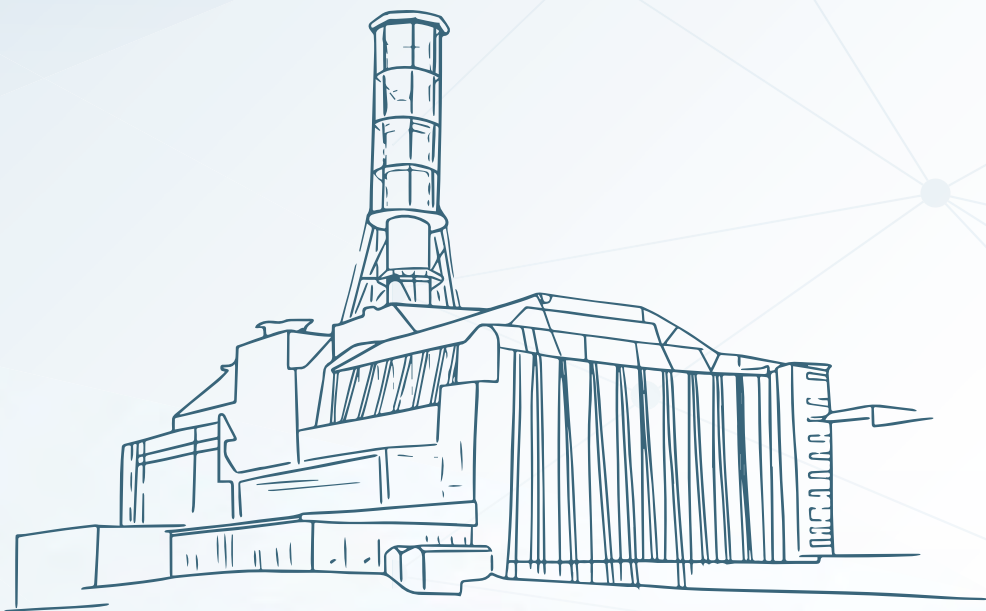
Что же касается идеи засыпать блок грунтом, то мы сразу ее отмели. Это привело бы к полной теплоизоляции топлива, его нагреву и плавлению, так что оно могло либо собраться в массу больше критической, и тогда новый выброс, либо проникнуть в грунт и заразить грунтовые воды. Сейчас топливо выделяет гораздо меньше тепла, чем тогда, и сегодня уже можно обсуждать эту идею вновь. Но я не уверен, что такая засыпка необходима. Это радикальное решение, которое можно принимать только в том случае, если будет остановлен и 3-й блок. Хотя утверждается, что фундаменты 3-го и 4-го блоков не связаны, они находятся рядом, на одном грунте. Была замечена небольшая подвижка турбины 3-го блока после сооружения «Саркофага». Что же будет с этим блоком, если мы засыплем «Саркофаг» огромной массой грунта?

— Как Вы, Спартак Тимофеевич, оцениваете научную сторону работ по ликвидации последствий аварии?

— Наука всегда стимулируется проблемами, которые ставит перед ней жизнь, но участники этих работ испытывают удовлетворение не от научных достижений, а, прежде всего, оттого, что они хоть в какой-то мере помогли уменьшить масштабы бедствия. Правда, теперь мы понимаем, что там родились многие новые идеи, были разработаны новые методики и приборы, ценные и с научной точки зрения. К примеру, в застывших подтеках расплавленной смеси топлива с песком или бетоном кристаллографы Радиевого института обнаружили совершенно новый тип кристаллов, новое соединение, которого до этого нигде в мире не встречали. Для рождения таких кристаллов, обладающих очень правильной формой, требуется крайне долгое и равномерное остывание. С другой стороны, это открытие дает нам новые сведения о ходе аварии — мы можем оценить характерные времена некоторых процессов.

Отделение общей и ядерной физики Института атомной энергии к реакторам практически никакого отношения не имеет и до 1986 года конкретными проблемами атомной энергетики не занималось. Наша область — фундаментальная ядерная физика, физика твердого тела, сверхпроводимость. Почему

же мы работали в Чернобыле? Там, как говорят, возникла нештатная ситуация, мы столкнулись с неизвестными явлениями и процессами, к которым нужно было подойти непредвзято, без всяких стереотипов. И оказалось, что фундаментальная наука, навыки исследователя, а не инженера там были даже нужнее, чем специальный опыт и конкретные знания. Но мы работали с самыми разными организациями, привлекали любых специалистов, и «ведомственных», и «независимых». Всегда ценился сам человек. И, возвращаясь к началу нашей беседы, хочу еще раз подчеркнуть: и хвалить за успехи, и осуждать за неудачи нужно не науку вообще, а людей в науке, с именами которых эти успехи или неудачи связаны. А оценку нашим действиям пусть ставит будущее.



© НИЦ « Курчатовский институт»