

# Опыт создания систем контроля после аварий на АЭС с разрушением топлива

В.Ф.Шикалов, доктор технических наук,  
начальник лаборатории  
НИЦ «Курчатовский институт» КЦЯТ ОВВЭР  
[shika@atomar.net.ru](mailto:shika@atomar.net.ru),  
8(499)196-72-54

26 апреля 1986г. произошла авария на блоке №4 ЧАЭС. Одной из причин аварии такого масштаба было отсутствие полноты информации о состоянии энергоблока по безопасности.

Имевшаяся на момент начала развития аварии информация не требовала от персонала и автоматики действий по обеспечению безопасности. Существовавшая система контроля, управления и защиты не обеспечила безопасность течения процесса.

С точки зрения технической, существовавшая система контроля по характеристикам не соответствовала скоростям протекания аварийных процессов и номенклатуре параметров важных для оценки состояния объекта.

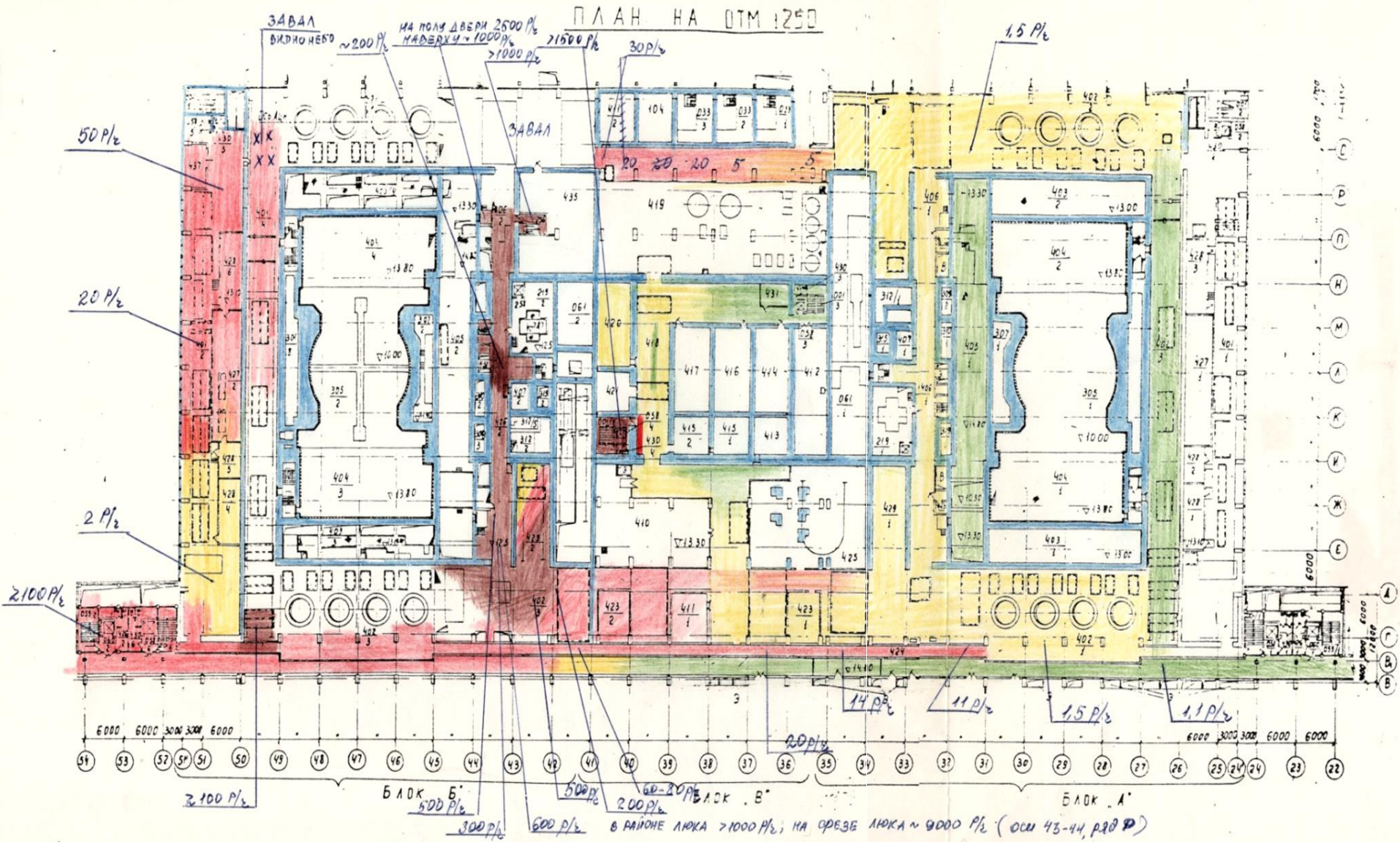
Штатные системы контроля не обеспечили персонал информационной поддержкой ни в процессе развития аварии, ни при оценке состояния блока в поставарийный период.



Основой для оценок возможностей безопасного проведения работ людьми внутри блока и, прежде всего, оценок состояния помещений и оборудования была дозиметрическая разведка. Использование средств дозиметрии, как элемента технической диагностики в Чернобыле было предложено и начато И.С.Крашенинниковым (СНИИП), поддержано Ю.М. Никитиным (НИКИЭТ), развито и доведено до логического завершения сотрудниками ИАЭ им. И.В. Курчатова в части определения мест нахождения высокоактивных масс.

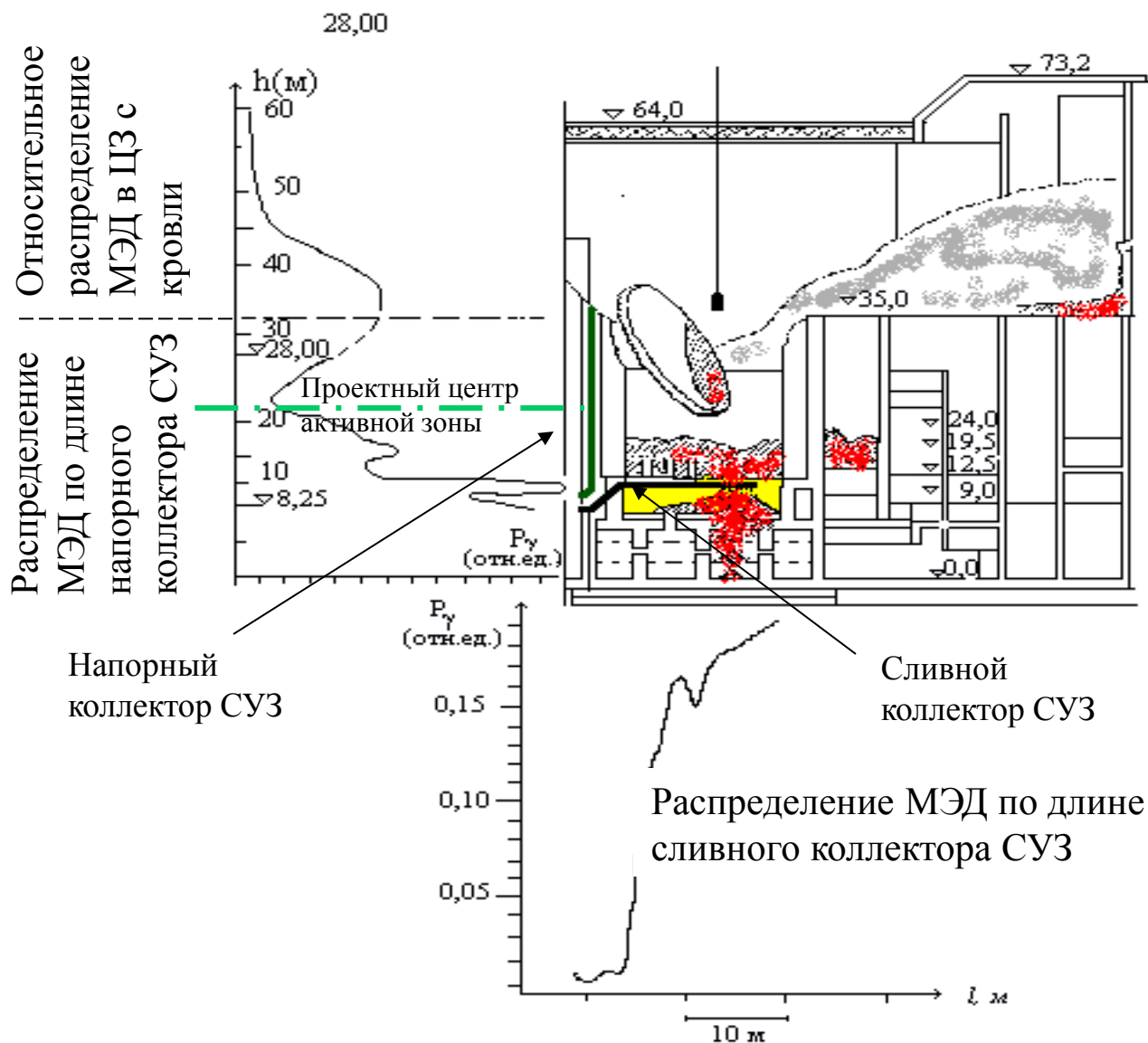


# Результат дозиметрической разведки



В качестве основных средств для проведения диагностических исследований и оценки состояния высококордиоактивных масс разрушенной активной зоны были выбраны средства, аналогичные применяемым в СВРК (ДПЗ, ТП). Именно эти средства обеспечили получение достоверной и эффективной информации.

# Распределение полей гамма-излучения, совмещенное с разрезом по оси "Л"

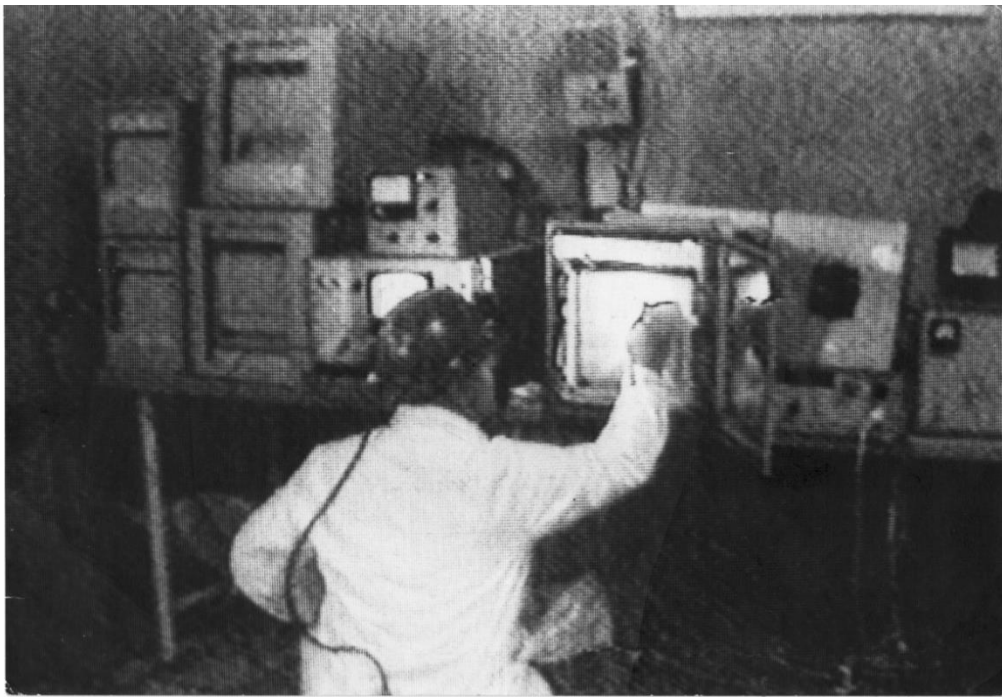




Измерения распределений МЭД гамма – излучения в объёме разрушенного блока позволило выделить места скоплений источников высокой активности, остатков активной зоны разрушенного реактора.

- **Основное скопление находится в юго – восточном квадранте подреакторного помещения №305.** Распределения МЭД гамма- активности по вертикали указывали на **отсутствие топлива в зоне проектного расположения ТВС.** В июле 1986 г. впервые выдвинута подтвержденная позже гипотеза об отсутствии топлива в шахте реактора.

- **Полученные распределения определили перспективные места расположения средств контроля.**



**Первая система контроля  
состояния объекта «Укрытие»  
на БЩУ-3:  
с 28 мая - до 16 июля 1986г.**

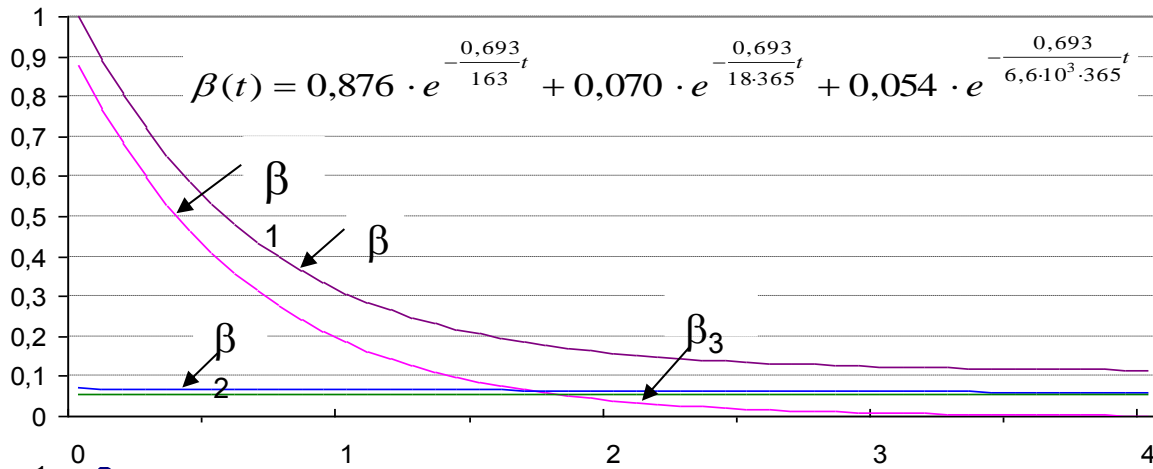


**Штатная система контроля  
объекта «Укрытие» - «Шатер»  
с ноября 1986г. – до 1990 г.**

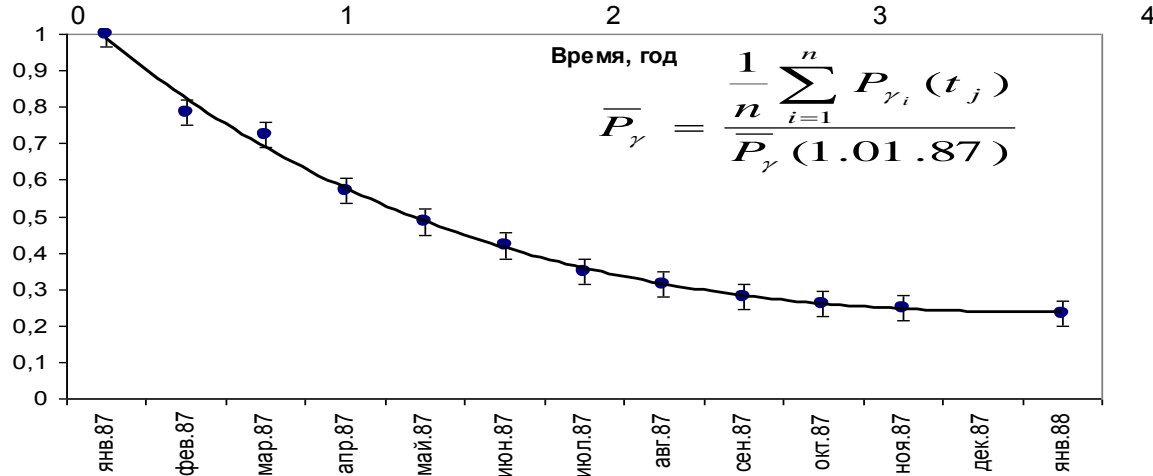
# Основные параметры, требовавшие установления контроля

- Нейтронный поток и подкритичность в местах потенциального нахождения топлива. (СНИИП)
- Объемная активность на выходе вентсистемы и состав газоарозольных выбросов. (СНИИП)
- Изменение мощности дозы гамма-излучения в различных точках «Укрытия» и прилегающей территории. (СНИИП, в/ч 1120)
- Изменения температуры в различных точках внутри и вне «Укрытия». (СКТБ АН УССР)

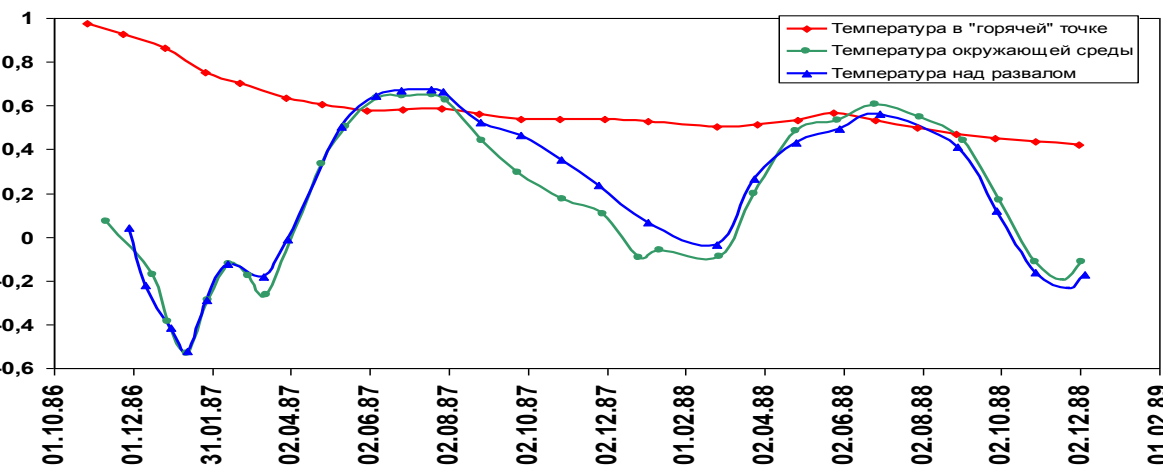
# Изменение интенсивности источников нейтронов



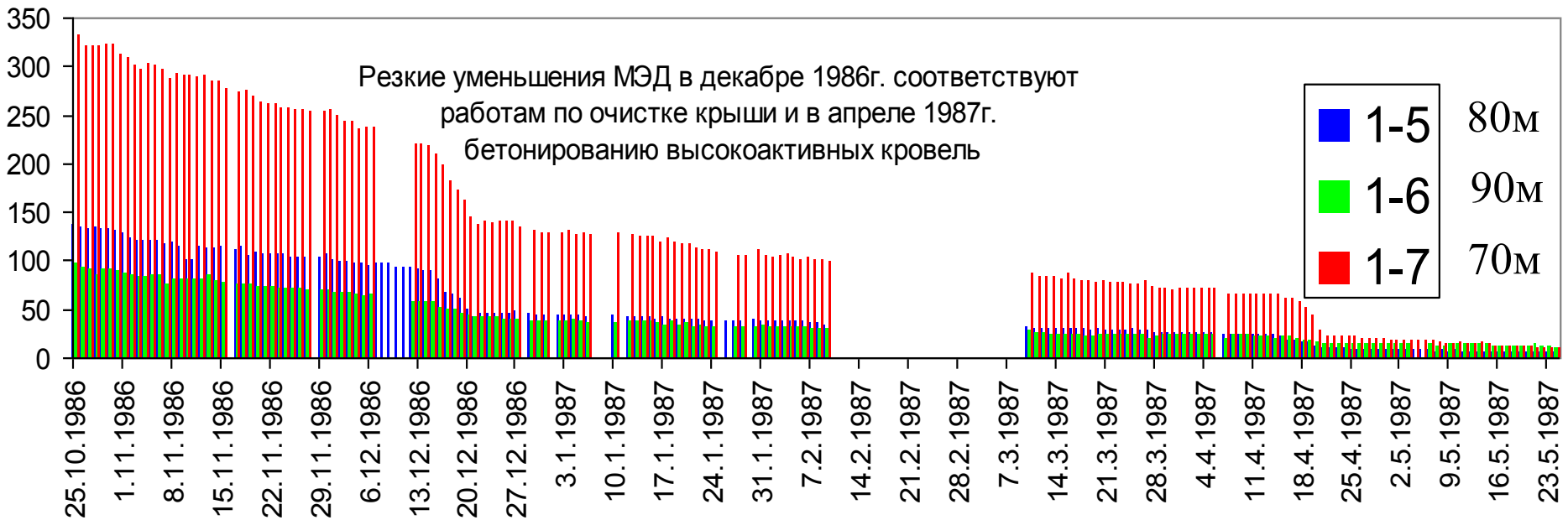
# Изменение МЭД гамма-излучения внутри объекта



# Изменение температуры над развалом и в «горячей» точке внутри объекта



# Динамика изменения МЭД (сГр/час) гамма-излучения по датчикам, установленным по высоте в вентиляционной трубе







10 апреля 2003 года при промывке топливных кассет на блоке №2 АЭС "Пакш" по технологии фирмы Фраматом АНП произошла ядерно-радиационная авария с разрушением кассет. В числе основных причин указывается недостаточное оснащение средствами измерения. Причина разрушения кассет однозначно не установлена, но имел место перегрев от остаточного тепловыделения.

# Контроль безопасности при ликвидации последствий аварии на АЭС «Пакш» в Венгрии

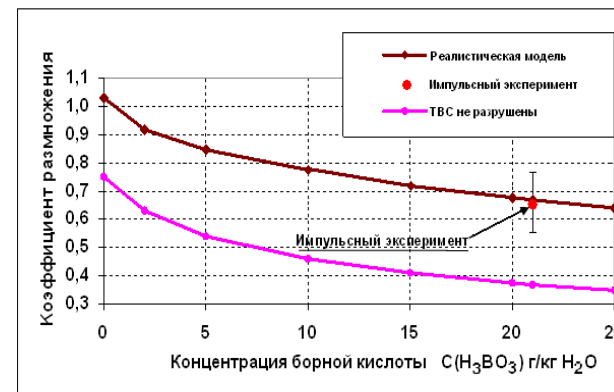
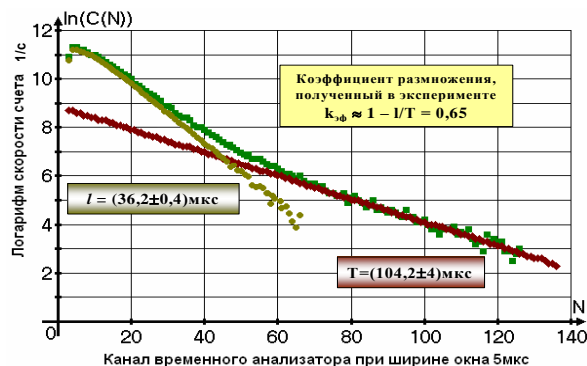
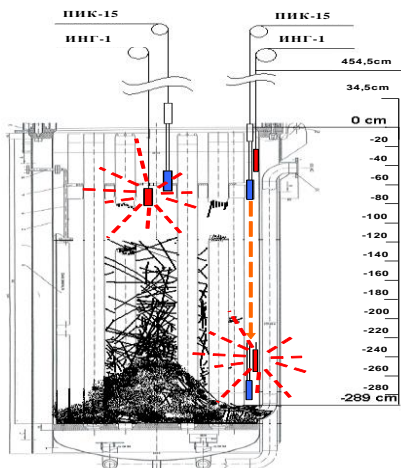
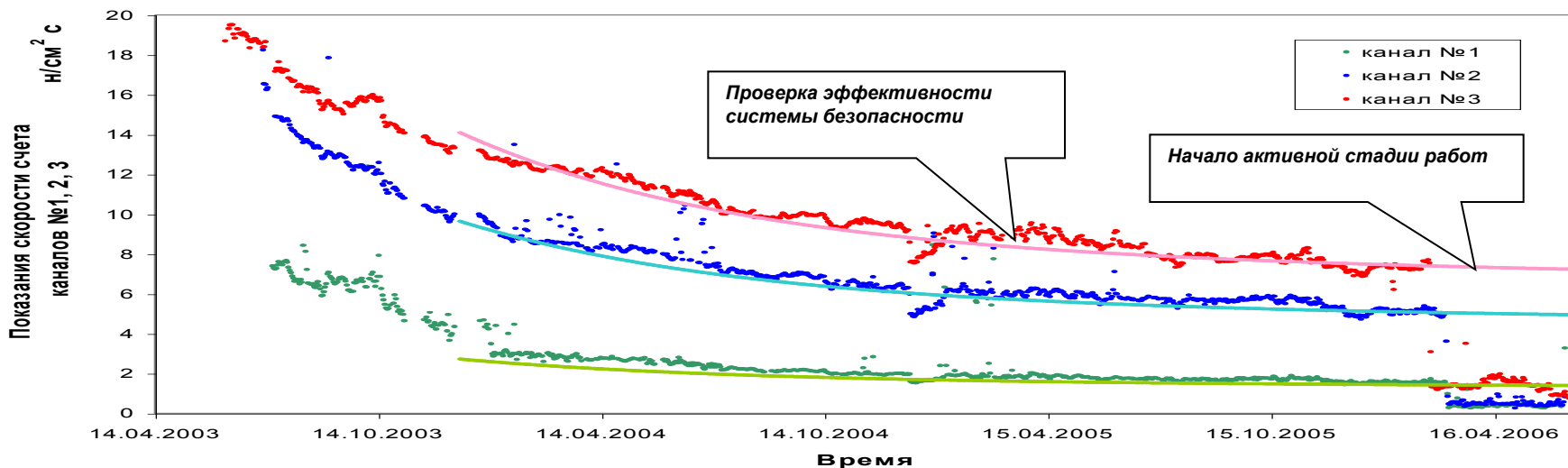


Схема организации импульсных нейтронных экспериментов в аварийном баке

Аппроксимация экспериментальных данных двумя экспонентами,  $l$  - время жизни нейтронов в среде без топлива,  $T$  - показатель скорости спада мгновенных нейтронов, измеренный для среды с аварийным топливом

Результаты расчетов коэффициента размножения для реалистических моделей по программе MCU-REA и импульсного нейтронного эксперимента в аварийном баке



Динамика изменения параметров безопасности за весь период наблюдения и прогноз РНЦ КИ

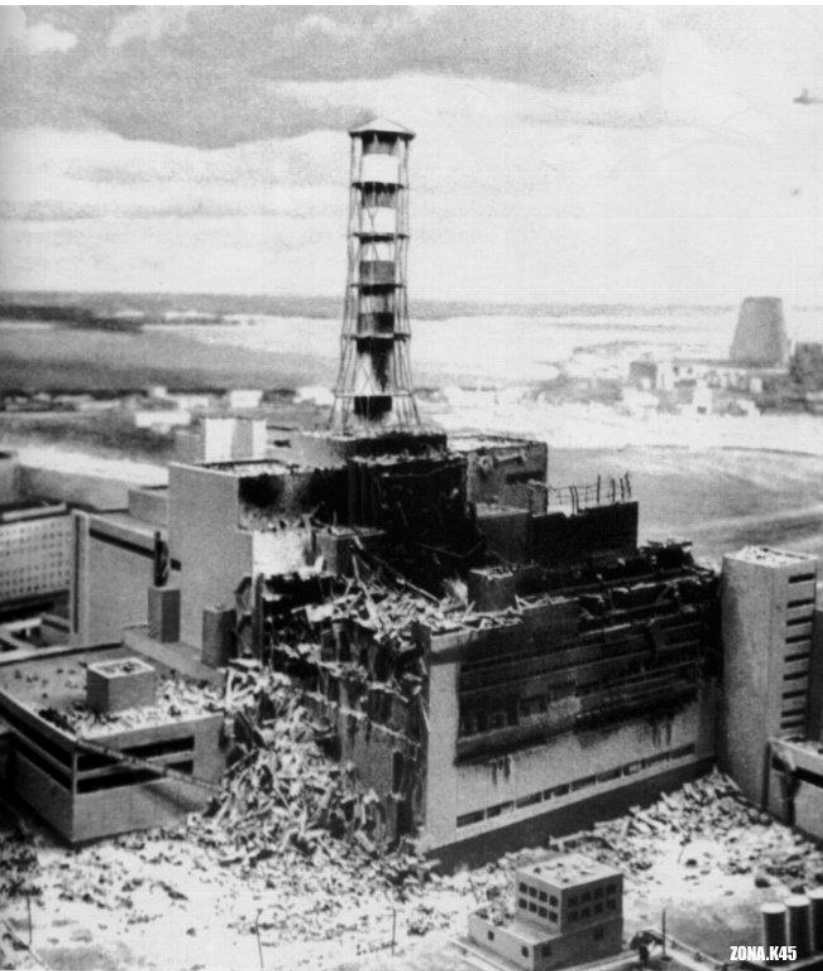
Создана система непрерывного контроля параметров ядерной безопасности, обеспечившая наблюдаемость этих параметров, как в длительном квазистационарном состоянии объекта, так и при плановых возмущениях вплоть до полного завершения работ по удалению делящихся материалов.

Опыт работ по ЛПА на АЭС «Пакш» подтвердил эффективность и правильность выбора методологии и средств контроля параметров ядерной безопасности при авариях с разрушением топлива, в частности параметров подкритичности. Методология, средства и результаты опубликованы в самостоятельной работе.

11 марта 2011г. произошла авария с вероятным разрушением топлива на АЭС «Фукусима» в Японии. Измеренных и зарегистрированных данных о развитии аварийного процесса и о состоянии топлива в аварийных реакторах и хранилище в открытой печати нет.



# ЧАЭС и АЭС «Фукусима», первые снимки после аварии. Масштабы и характер разрушений очень похожи



- Аварии на АЭС «Фукусима» произошли при остановленных реакторах, активные зоны были заглушены и находились в подкритическом состоянии. Аварийный процесс связан с остаточным тепловыделением, образованием и взрывом водорода.
- Аварийный процесс на Чернобыльской АЭС связан с неуправляемым разгоном мощности реактора и соответствующим ей тепловыделением.
- При разных причинах тепловыделения последствия по разрушениям сопоставимы. Это обстоятельство позволяет выдвинуть гипотезу об образовании водорода в активной фазе аварии на Чернобыльской АЭС с заполнением взрывоопасной смесью всего объема подреакторных помещений, реакторного пространства и центрального зала с последующим взрывом (подтверждается результатами разведки).

Авария на АЭС «Фукусима» выявила необходимость введения на АЭС контроля наличия водорода или взрывоопасной смеси и создания систем устранения опасности взрыва.

# ВЫВОДЫ

Накопленный опыт работ при ЛПА на ЧАЭС и других аварийных АЭС может быть рекомендован для выработки концепции и требований к характеристикам КИП для контроля в процессе аварии и в поставарийный период.

Концептуально это две различные системы контроля по цели, номенклатуре контролируемых параметров и характеристикам:

- Система контроля параметров при развитии аварийного процесса.
- Система контроля в поставарийный период и в процессе ликвидации последствий.

Номенклатура параметров и требования к характеристикам применительно к АКИП ВВЭР требуют специального обоснования. Наиболее перспективными детекторами для работы в аварийных условиях остаются детекторы на основе кабелей с минеральной изоляцией, применяемые в СВРК.