



НТК «РЕАБИЛИТАЦИЯ»

Отдел новых средств и методов диагностики

Современная радиометрия и радиационные проблемы России

Радиационные проблемы России

- **Аварийные ситуации**
- Авария 1957г (Кыштымская авария - взрыв емкости-хранилища ЖРО), Восточно-Уральский радиоактивный след
- Авария на ЧАЭС 1986г
- **Радиационное наследие России**
- Урановый проект (создание первой атомной бомбы)
- Проблема обращения с радиоактивными отходами (отложенные решения)

Брянская обл. (11 800 км²), Калужская (4 900 км²),
Тульская (11 600 км²), Орловская (8 900 км²)

Радиоактивное загрязнение ¹³⁷Cs
Брянской, Тульской, Калужской и Орловской областей

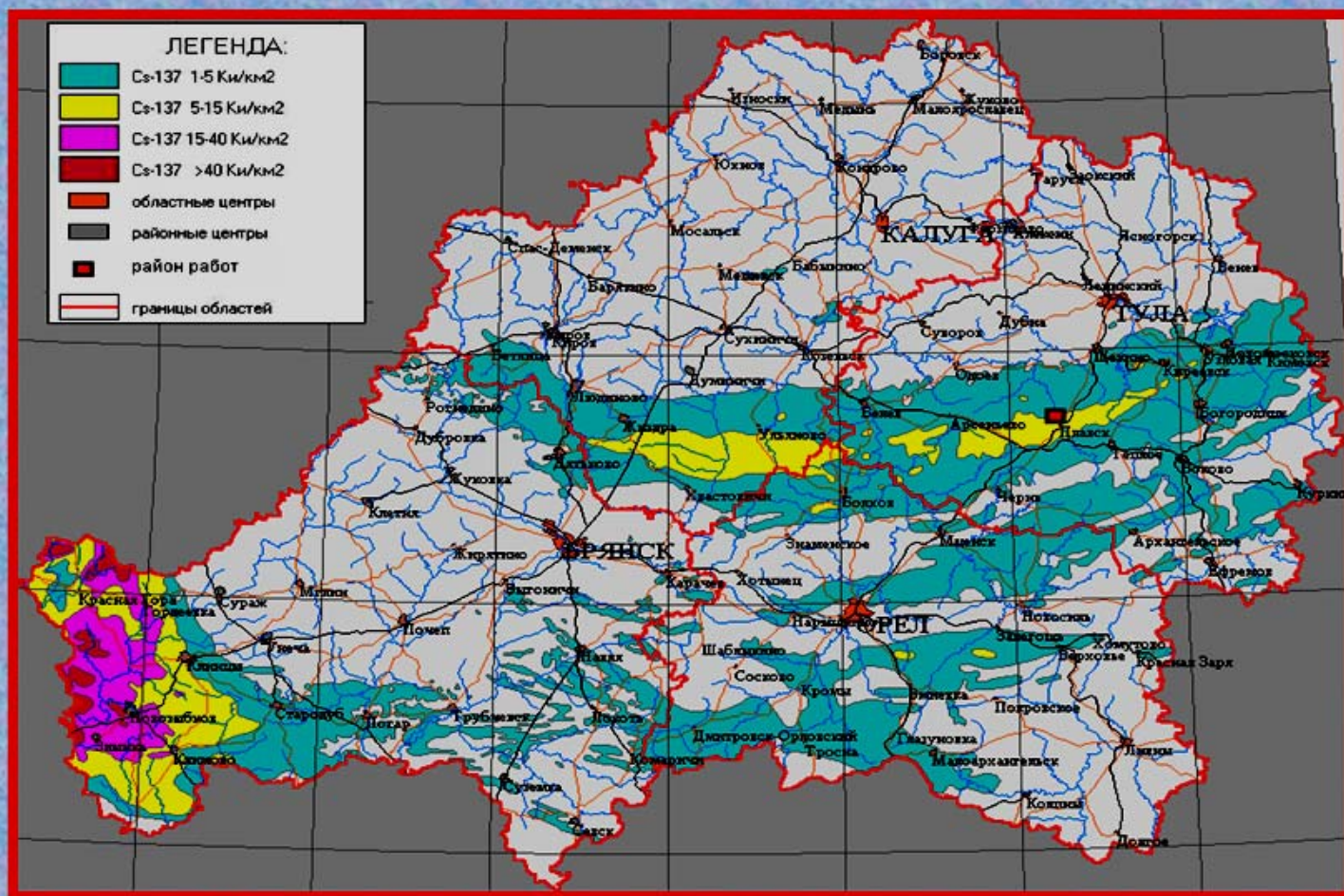
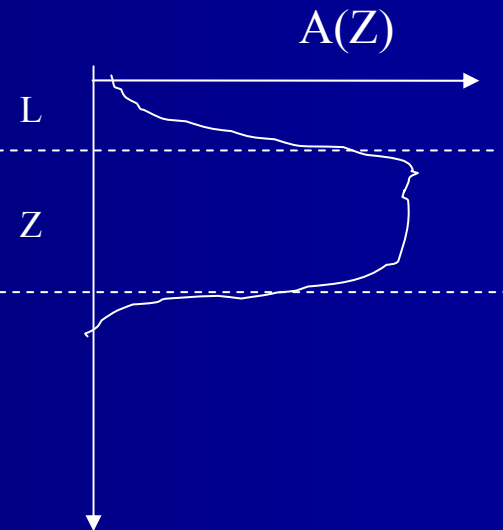
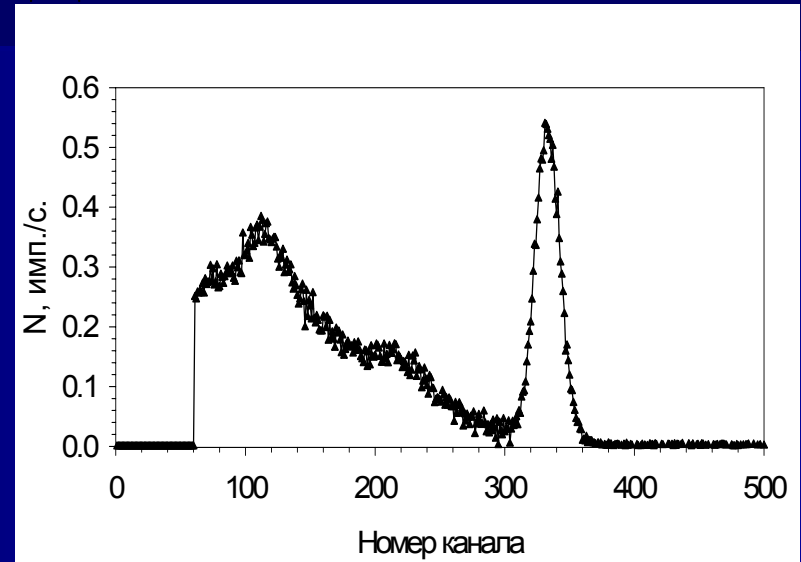
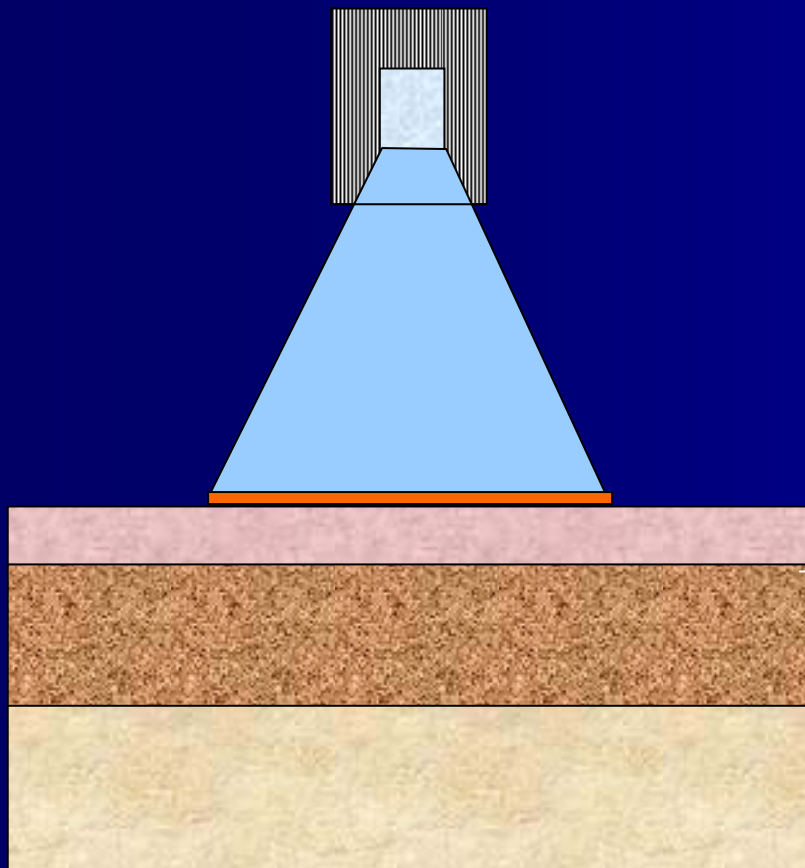


Схема измерения радиометра «Корад»



Внешний вид прибора



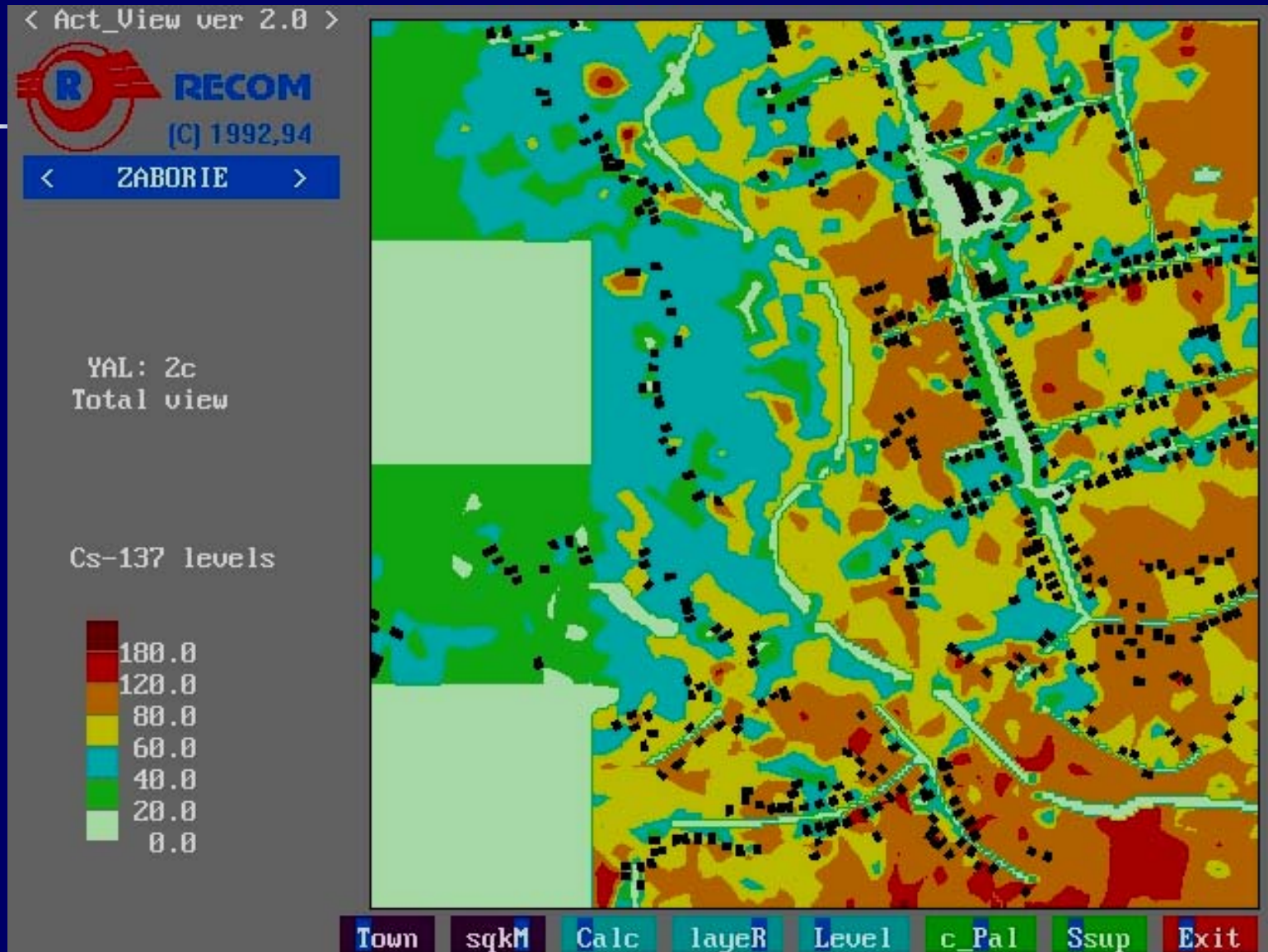
Диапазон энергий регистрируемого излучения – 60 – 3000кэВ;

Энергетическое разрешение по линии 662кэВ – не более 8%;

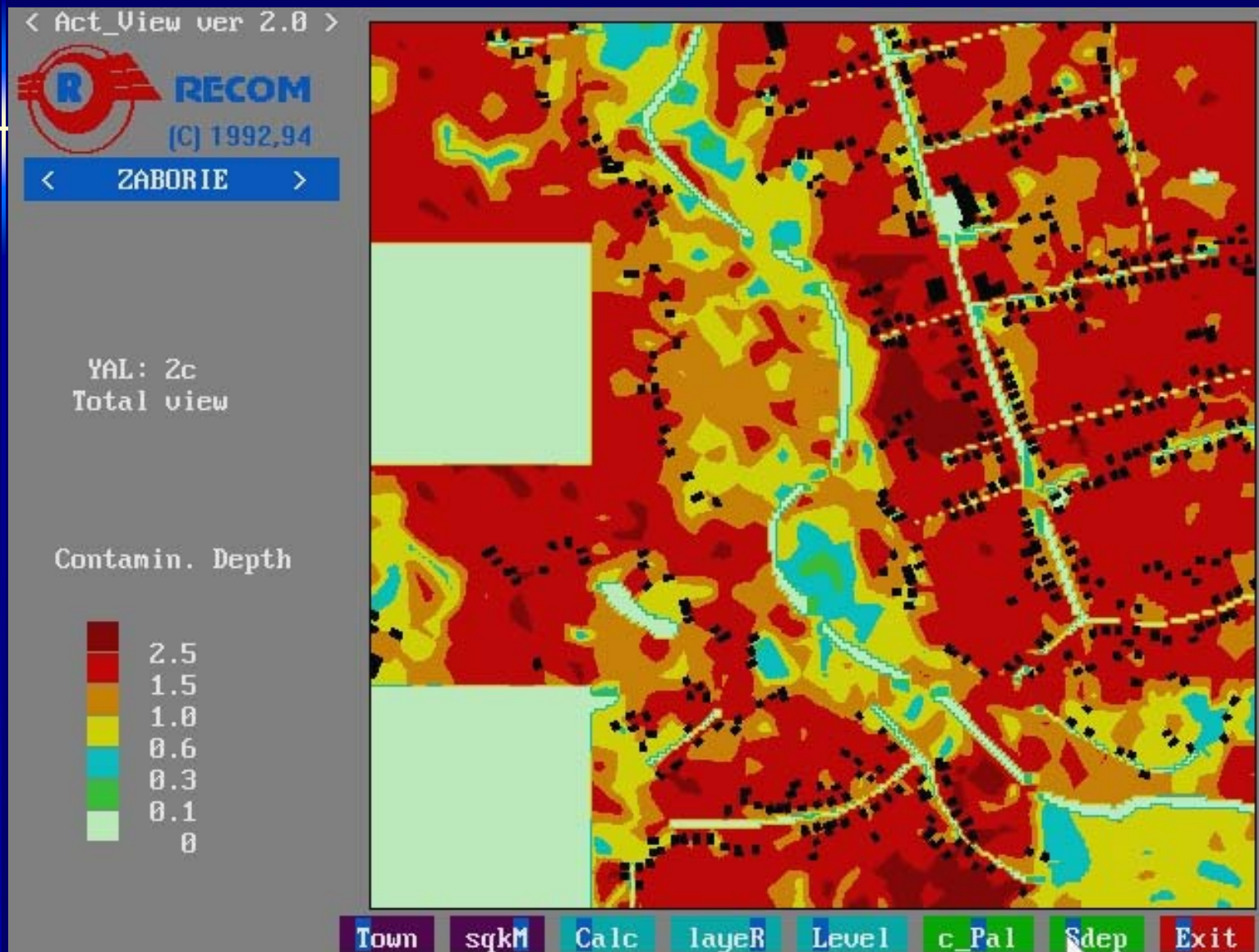
Чувствительность при определении поверхностной активности ^{137}Cs ($V_{\text{det}}=20\text{см}^3$,
CsI(Tl)) $5,1 \times 10^{-3}, \text{с}^{-1} \text{кБк}^{-1} \text{м}^2$

Диапазон измерения поверхностной активности ^{137}Cs , кБк м^{-2} (20÷1×E5)

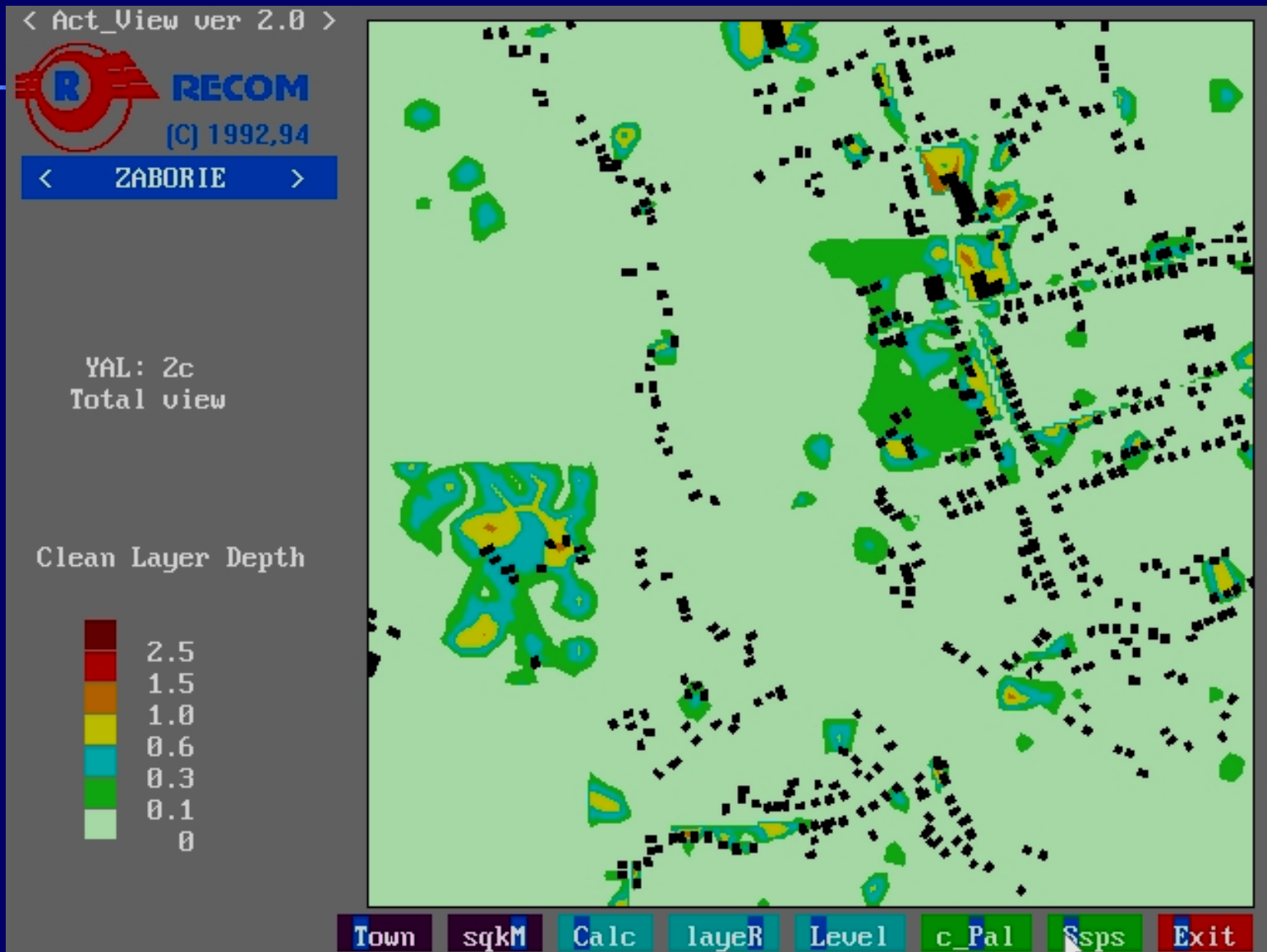
Поверхностная активность ^{137}Cs , мкКи/м²



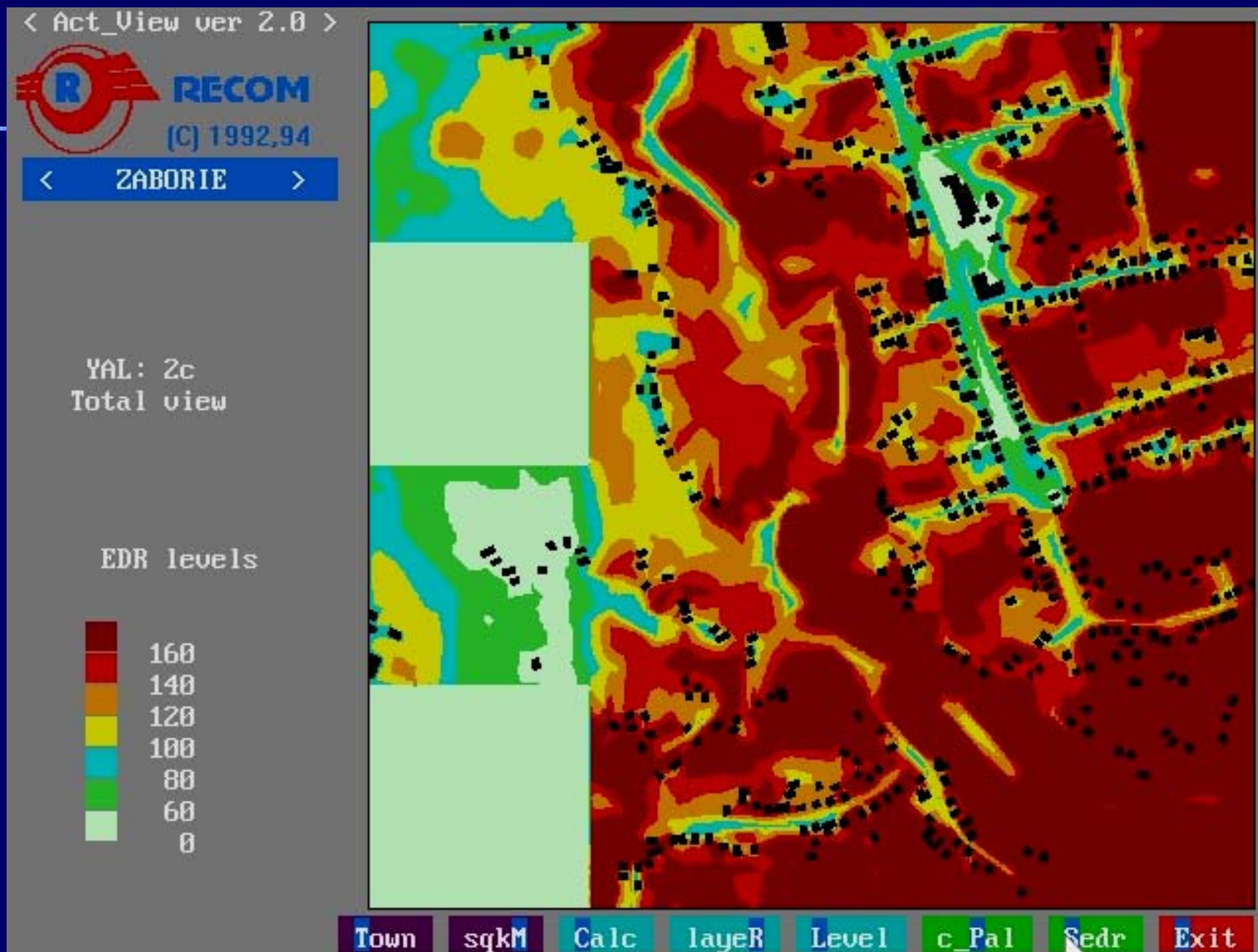
Заглубление, дсп



Толщина чистого слоя почвы, дсп



Расчет мощности дозы, $\mu\text{P}/\text{ч}$

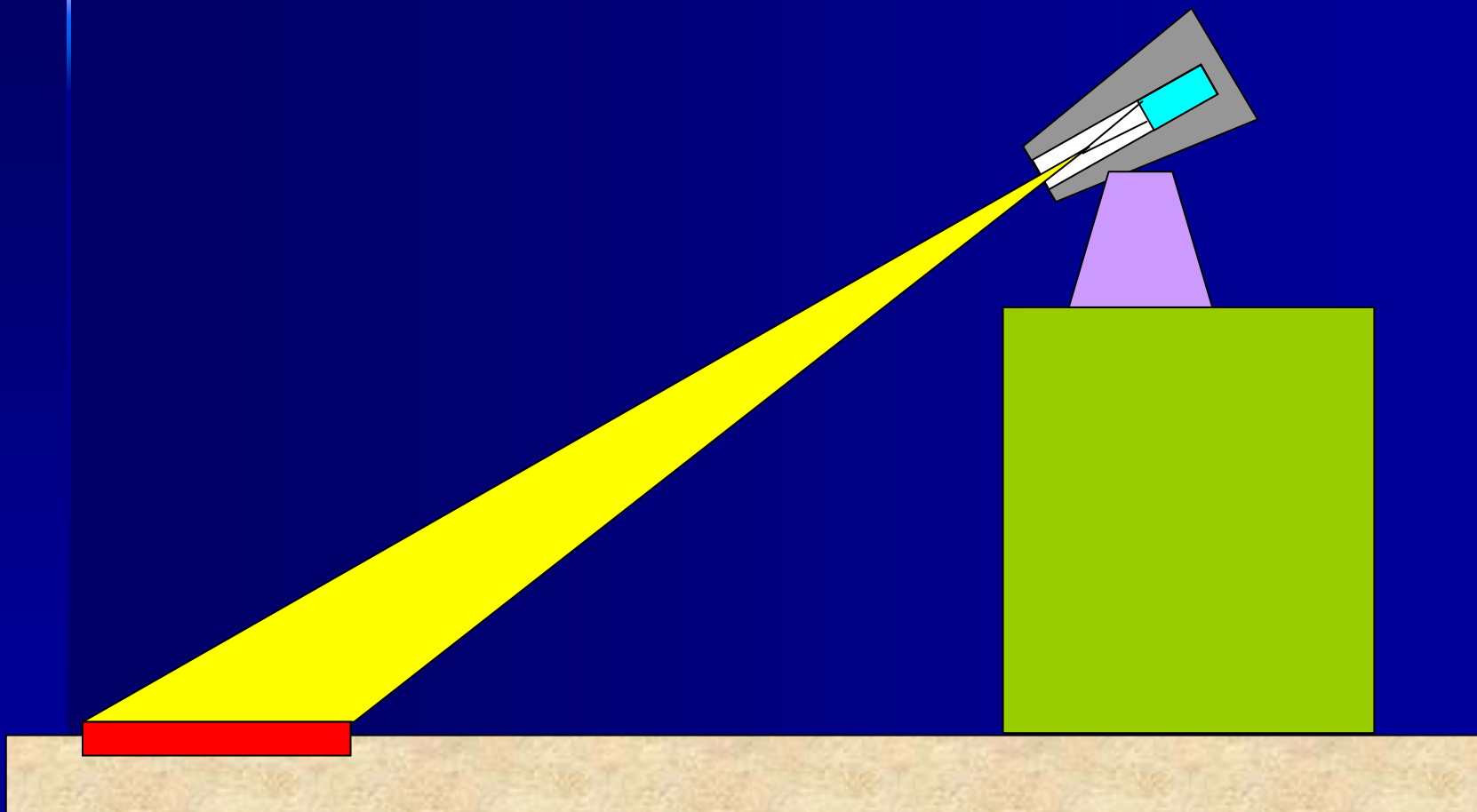


- Гамма-локатор (ГЛ) – это автоматизированная система дистанционного измерения радиоактивных загрязнений.
- ГЛ предназначен для
- оценки радиационной обстановки аварийных объектов,
- радиационного контроля территорий проведения реабилитационных работ по ликвидации хранилищ радиоактивных отходов

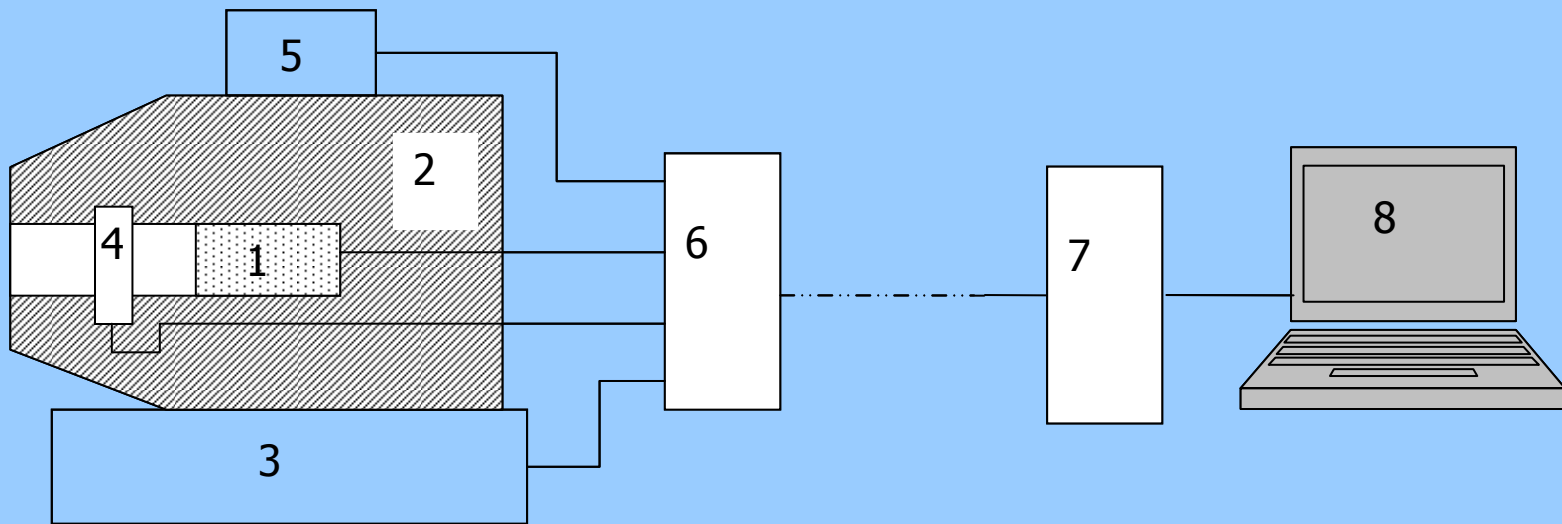
С помощью гамма-локатора решают две задачи:

- 1 – оценка поверхностной активности загрязнений объекта обследования;
- 2 – реконструкция мощности дозы внутри обследуемого объекта

Принцип работы гамма-локатора

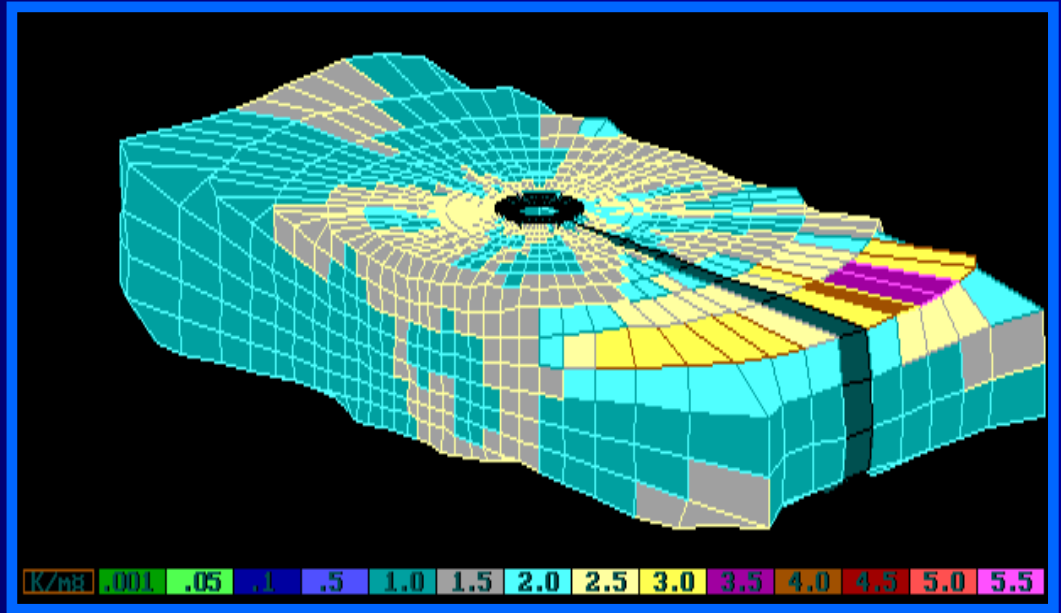


Система дистанционных измерений радиоактивных загрязнений— гамма-локатор

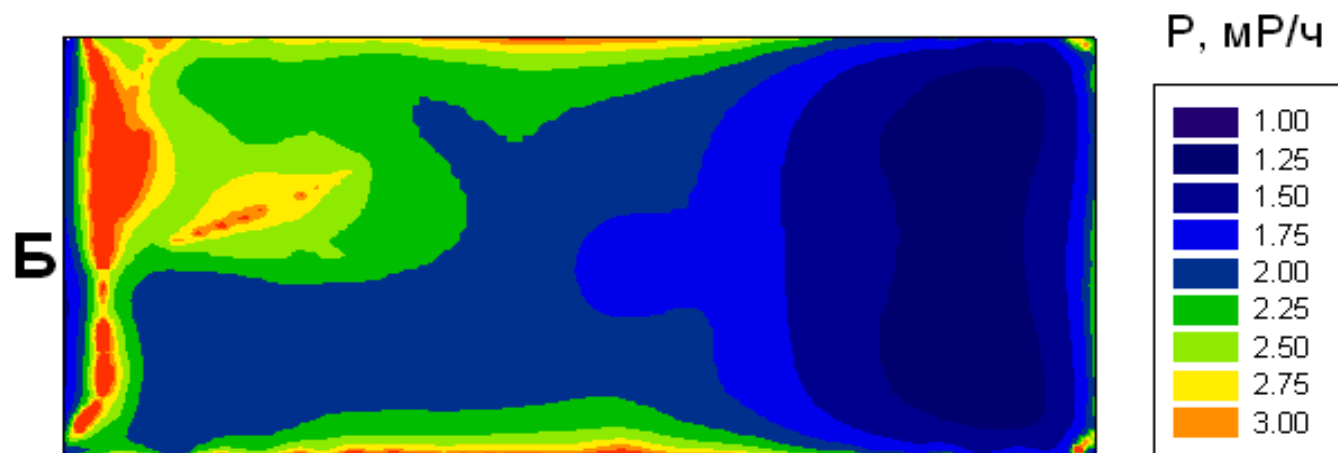
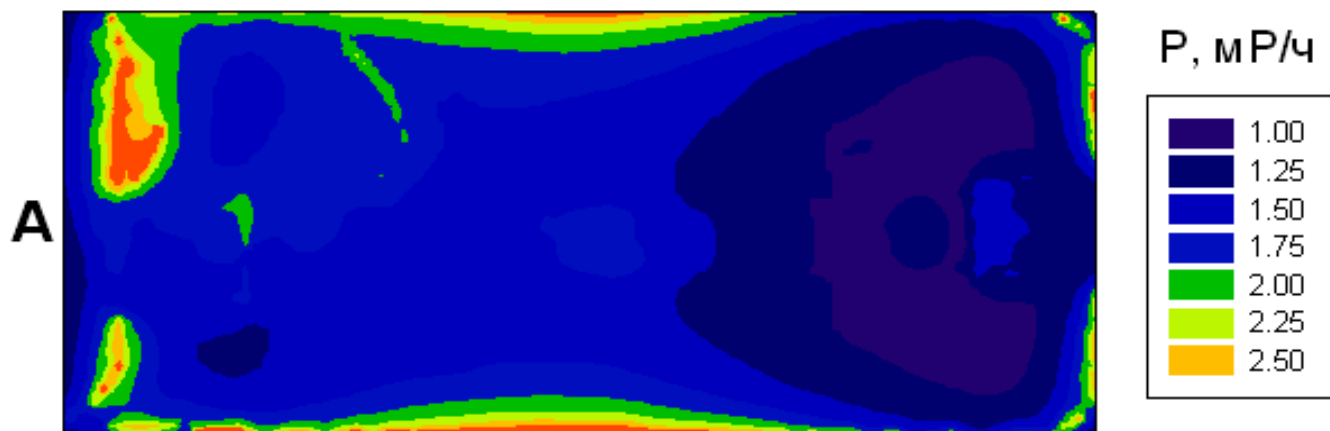


Первый компьютерно-управляемый гамма локатор

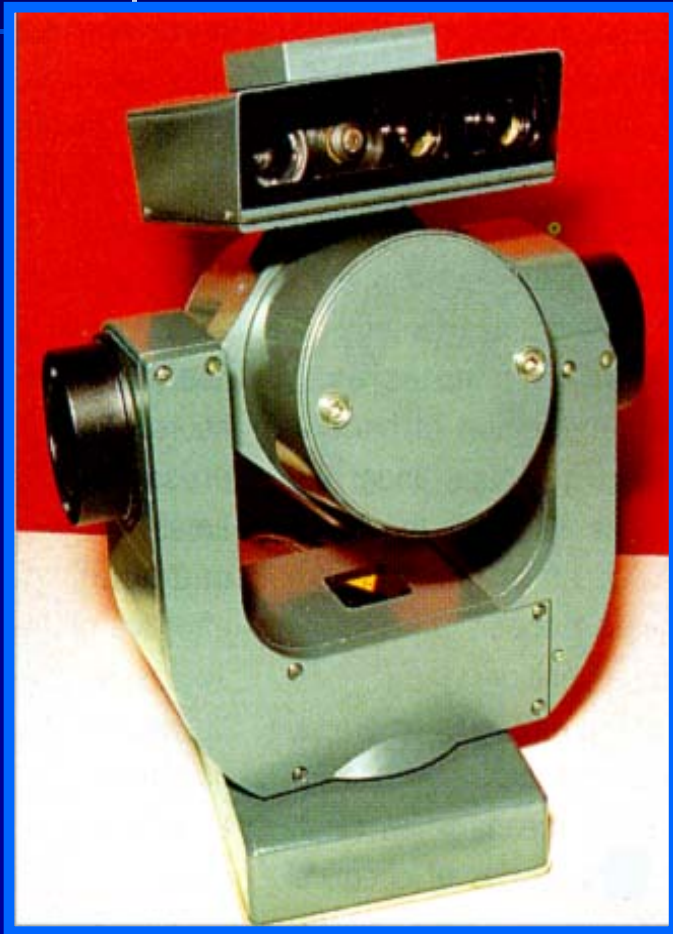
Измерения в машинном зале 4-го блока ЧАЭС в 1992 году



Машзал IV блока ЧАЭС



Две версии гамма-локатора



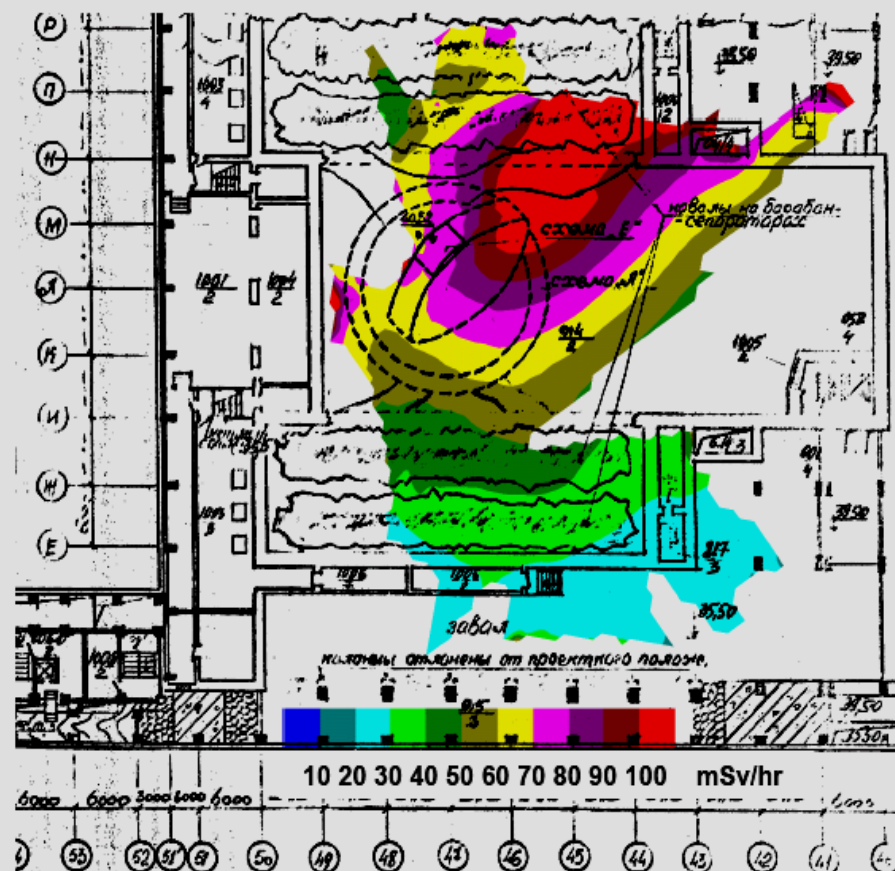
Прибор с видеокамерой
и лазерным
дальномером.
Изготовлен для
немецкого центра
ядерной аварийной
службы - KNG
(Карлсруэ). 1994

Прибор с
видеокамерой.
Изготовлен для
Смоленской
АЭС для
установки на
передвижной
системе.



Измерения в ЦЗ 4-блока ЧАЭС

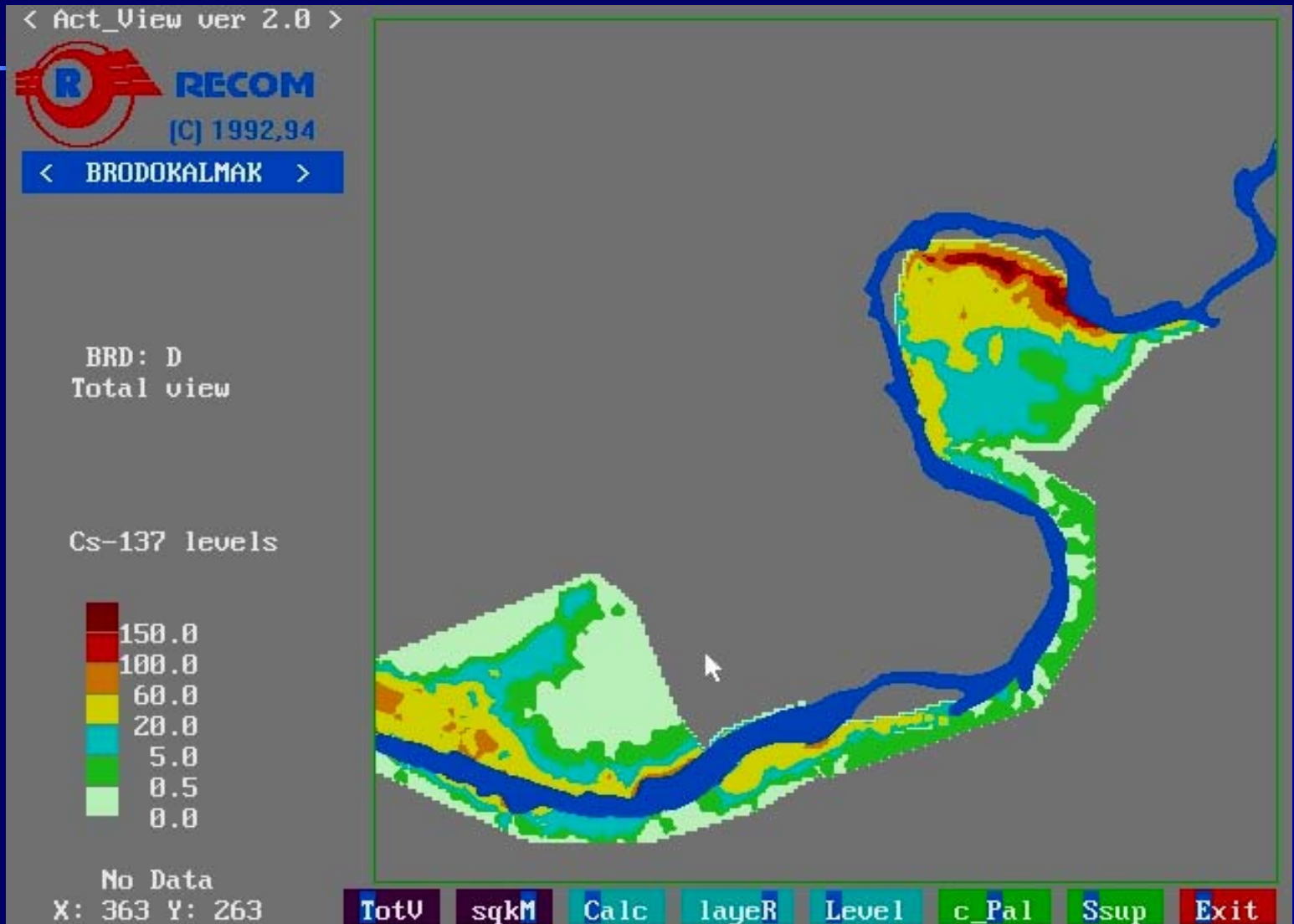
ноябрь 1996



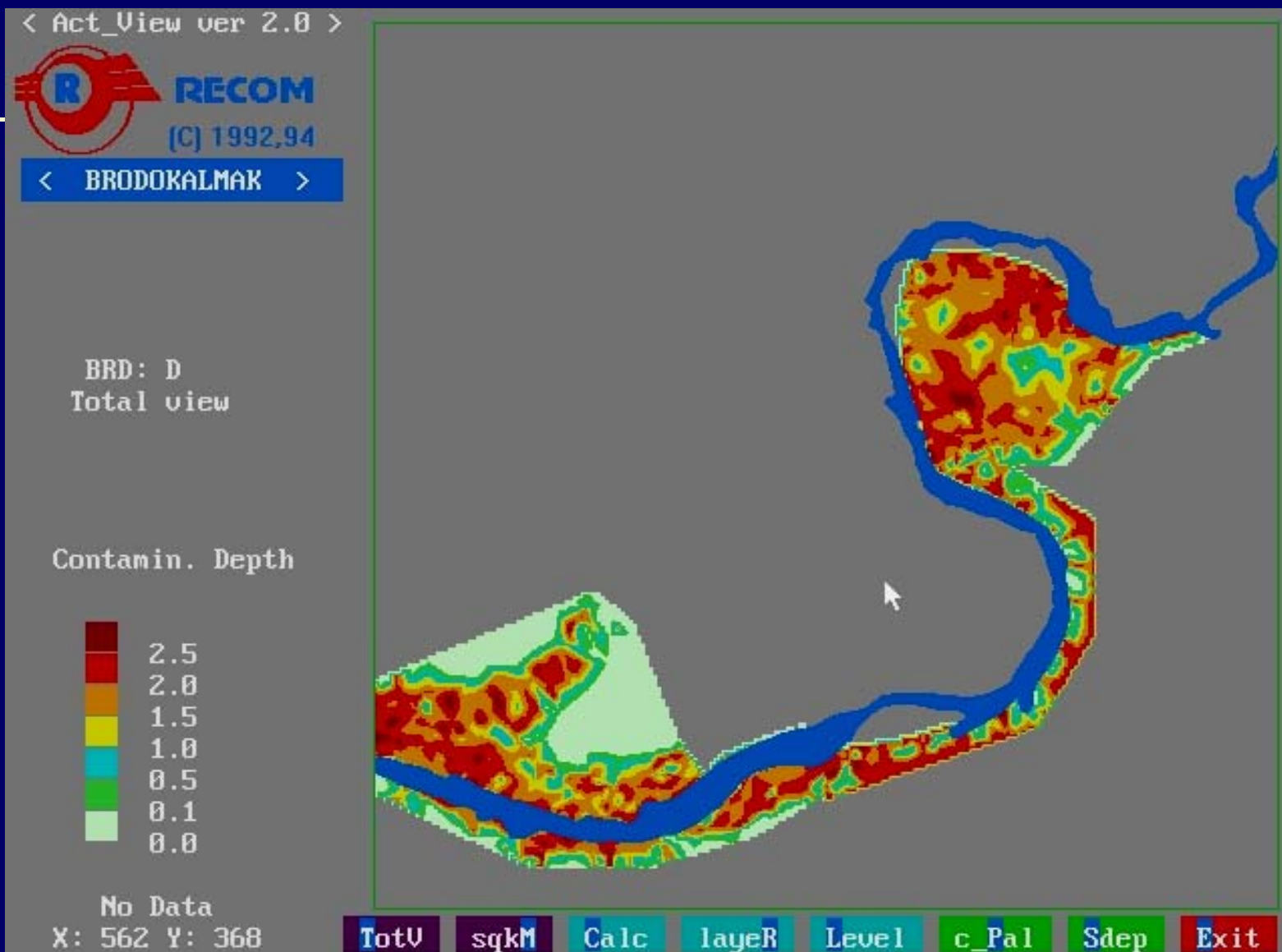
Радиационное наследие России

- Урановый проект (создание первой атомной бомбы) Завод №817 (ПО «Маяк»)
- Первый промышленный реактор по производству ^{239}Pu
- Радиохимический объект для выделения и получения металлического ^{239}Pu
- ЖРО радиохимического производства сбрасывались в р. Теча (1949-1951 гг.)

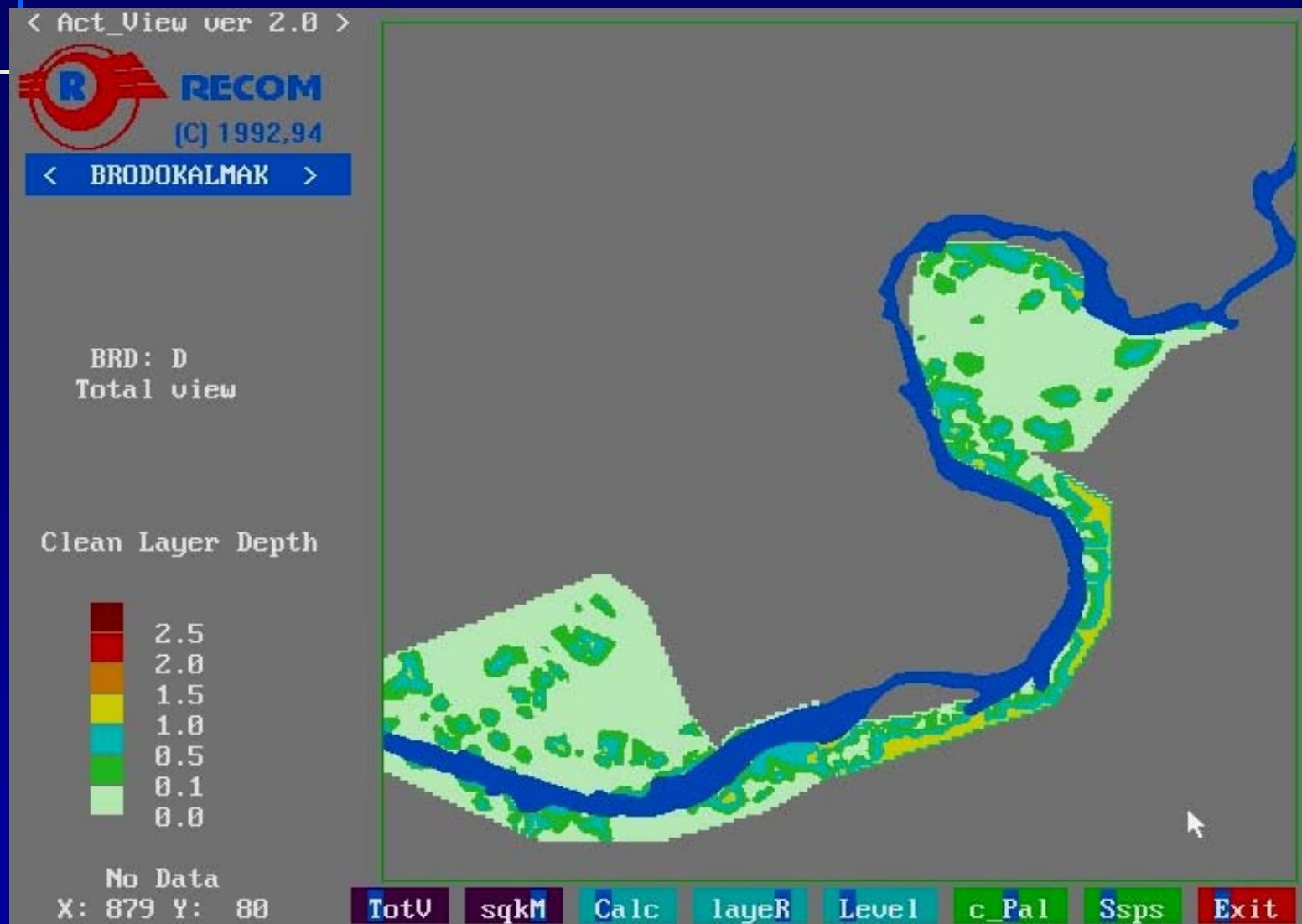
Р. Теча (поверхностная активность, мкКи/м^2)



Р. Теча (заглубление, дсп)



Р. Теча (толщина чистого слоя, дсп)



р.Теча (Затеченское)

ЗАТЕЧЕНСКОЕ

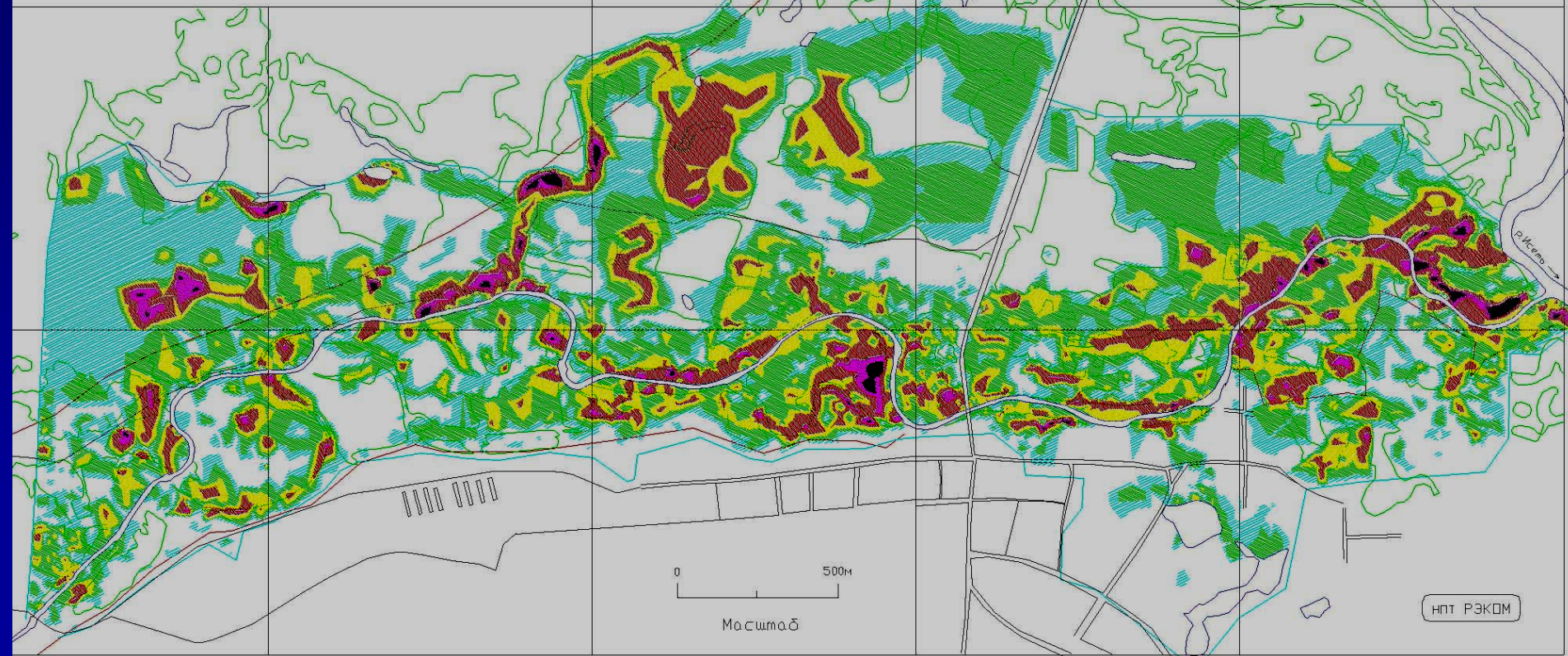
Сентябрь 1996

ЗАПАС Сs-137

мкКи/м2	площадь м2	%
7	17744	0
5	75187	1
3	470965	8
2	653848	11
1	1414060	25
0.5	1096063	19
	1881794	33
Прозее	153468	3
Всего	5763124	100

Макс_запас 14 мкКи/м2

полный запас 8.63 Ки



Внешний вид прибора



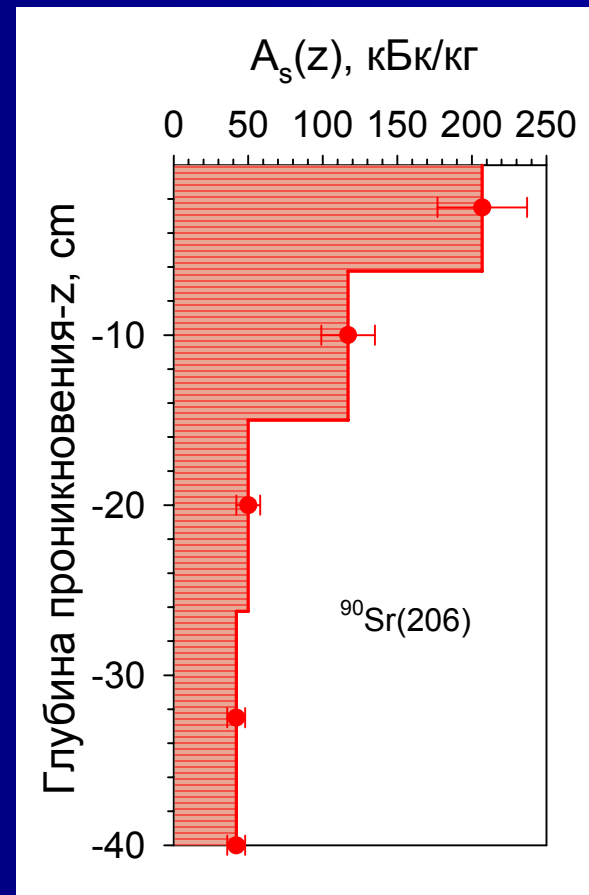
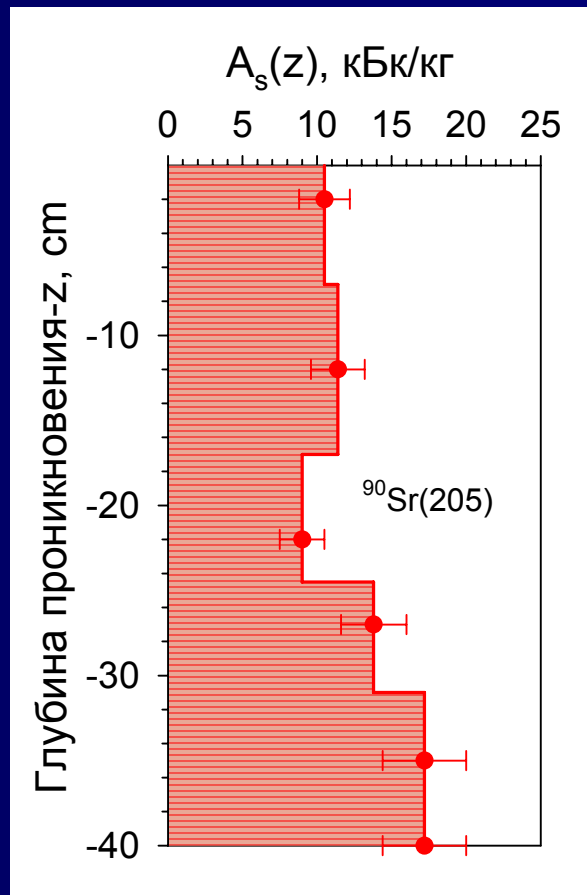
- характеристики СДБИ:
- МИА – 60 Бк/кг
- МИА – 75-100Бк/кг (^{137}Cs и ^{60}Co)
- МИА – 0,5 Бк (аэрозольные фильтры)
- Чувствительность детектора:
 - $1,1 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1} \text{ Бк}^{-1} \text{ кг}$ (удельная активность)
 - $0,19 \text{ с}^{-1} \text{ Бк}^{-1}$ (активность тонких счетных образцов)

Чувствительная площадь
детектора – 50 см^2

Измерения образцов почвы с помощью бета- радиометра в полевых условиях



Распределения удельной активности ^{90}Sr по глубине в почве (санитарно-защитная зона ПО «Маяк», р-н Метлино)



Метлино



14/10/2008

Метлино



- **1951г.** Берег пруда – до 5Р/ч
- Приусадебные участки у реки – 3,5Р/ч
- На улице и в домах – 10-15мР/ч
- **1952г.** Урез воды – до 50мР/ч
- Территория населенного пункта – 0,6мР/ч

Метлино



- **1955-1960гг.**
Переселено 7500 чел. из 19 н/пунктов.
- У некоторых жителей сел Метлино и Теча-Брод доза внешнего и внутреннего облучения достигала **200 бэр/год**
- Было зарегистрировано **935** случаев лучевой болезни

Муслюмово (в 1951 г. проживало 3000 жителей)



Муслимово



Муслюмово

Карачай

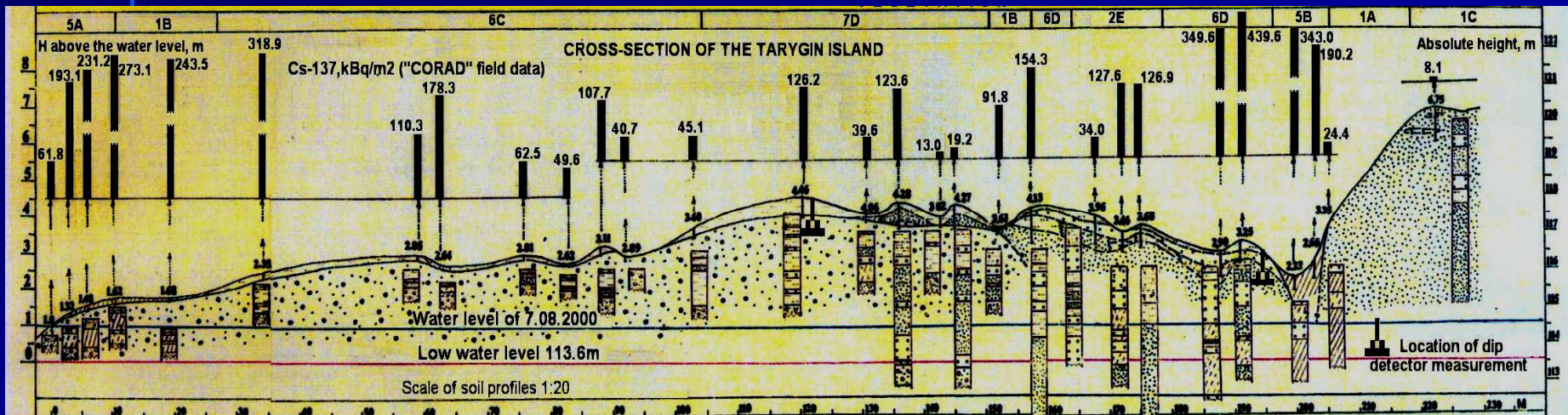


- 28 октября 1951г. ЖРО стали сливать в озеро Карачай.
- 1967 г. Вынос ветром 600 Ки (^{137}Cs)
- Настоящее время – 120 млн. Ки (40% ^{90}Sr и 60% ^{137}Cs)
- Радиационный фон озера достигал 72 Р/ч
- С 1986 г. - работы по засыпке водоема

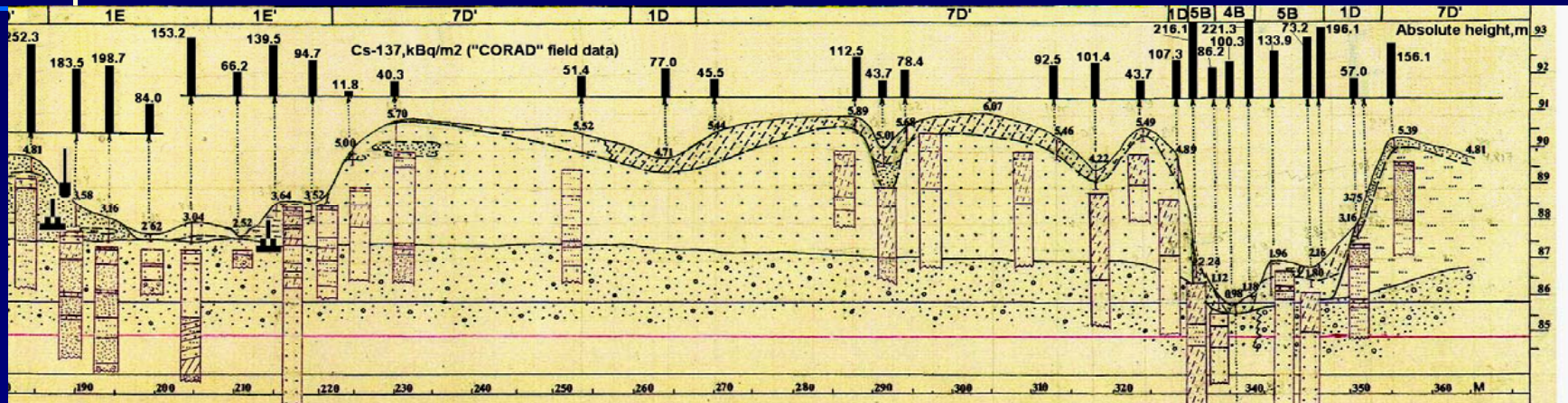
Кыштымская авария

- 29 сентября 1957 г. На радиохимическом заводе взорвалась емкость – хранилище высокоактивных отходов (банка №14)
- Емкость содержала 70-80 тонн ЖРО общей активности 20 млн. Ки (90% активности пришлось на территорию химкомбината. Ликвидаторам аварии была установлена норма – 2Р/смена)
- 2 млн. Ки выпало на площади 1000 км² (~10х100км²)
- Причина: Недостаточное охлаждение банки №14 привело к осушению раствора и разогреву нитратно - ацетатного осадка до температуры 330°C
- Из 23 окрестных деревень было эвакуировано 10200 человек (Бердяниш, 40-50мкР/с (144-180мР/ч))
- 28 апреля 1966 г. На территории Восточно-Уральского радиоактивного следа был создан государственный заповедник (После аварии в начале радиоактивного следа на площади 1,5 км² поверхностная активность стронция достигала 90700 Ки/км²)

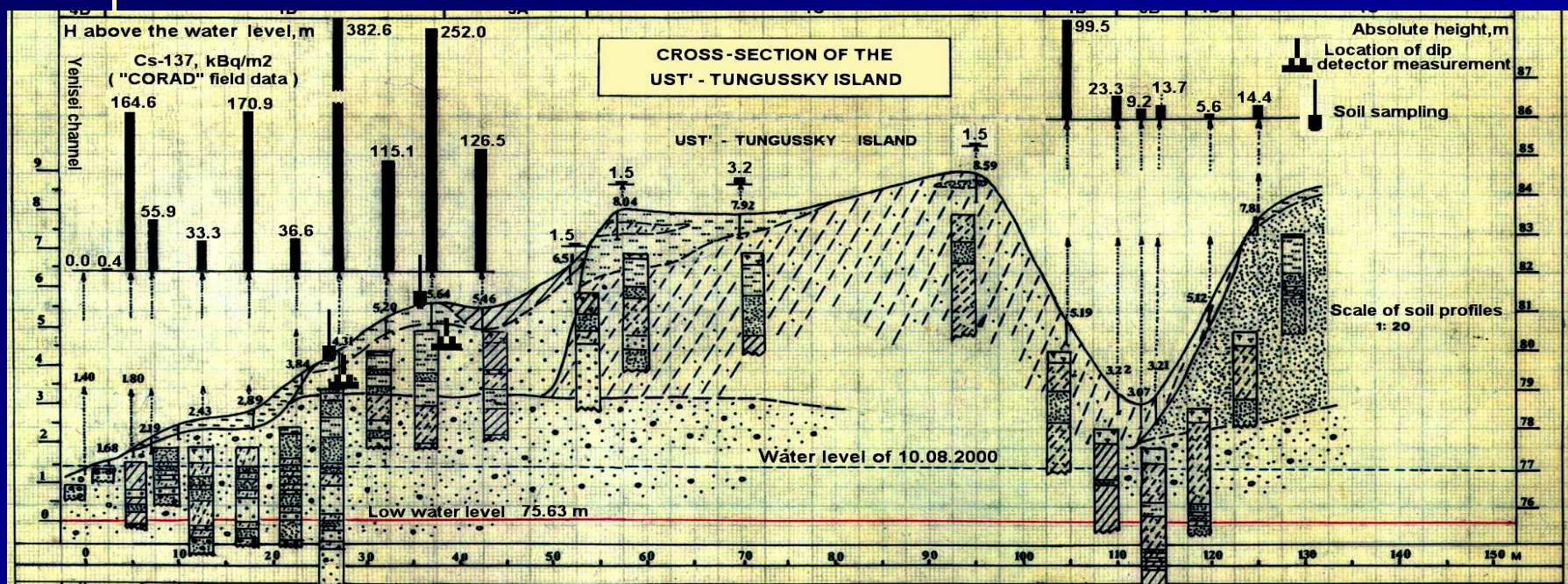
О. Тарыгин (р. Енисей)



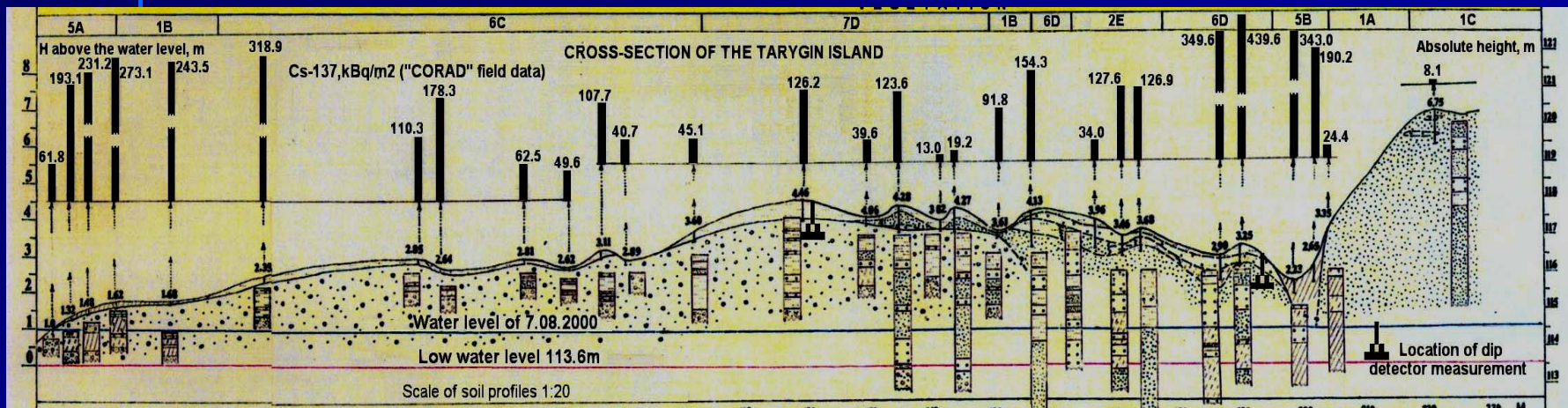
о.Казаченский (Енисей)



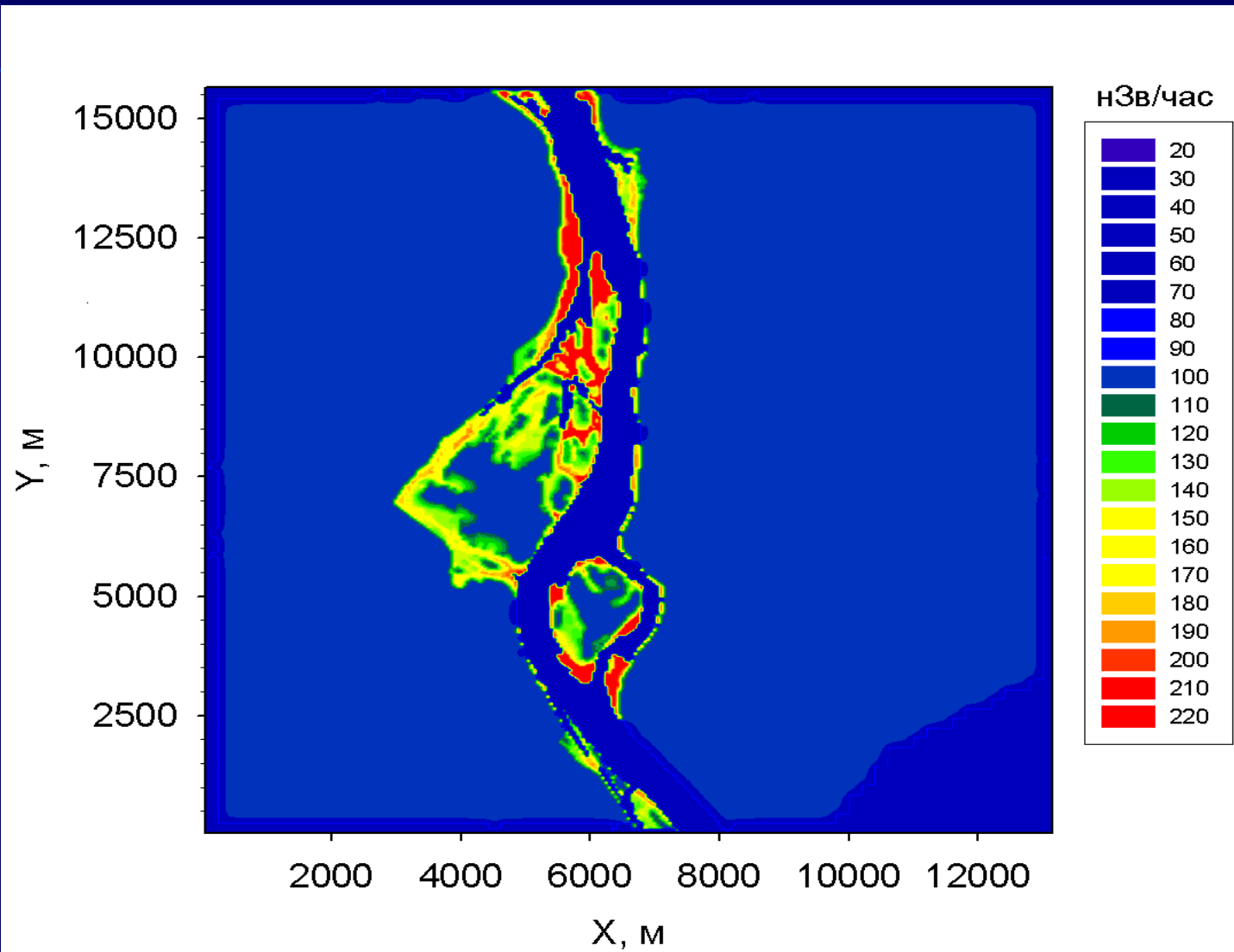
о. Усть-Тунгусский(р.Енисей)



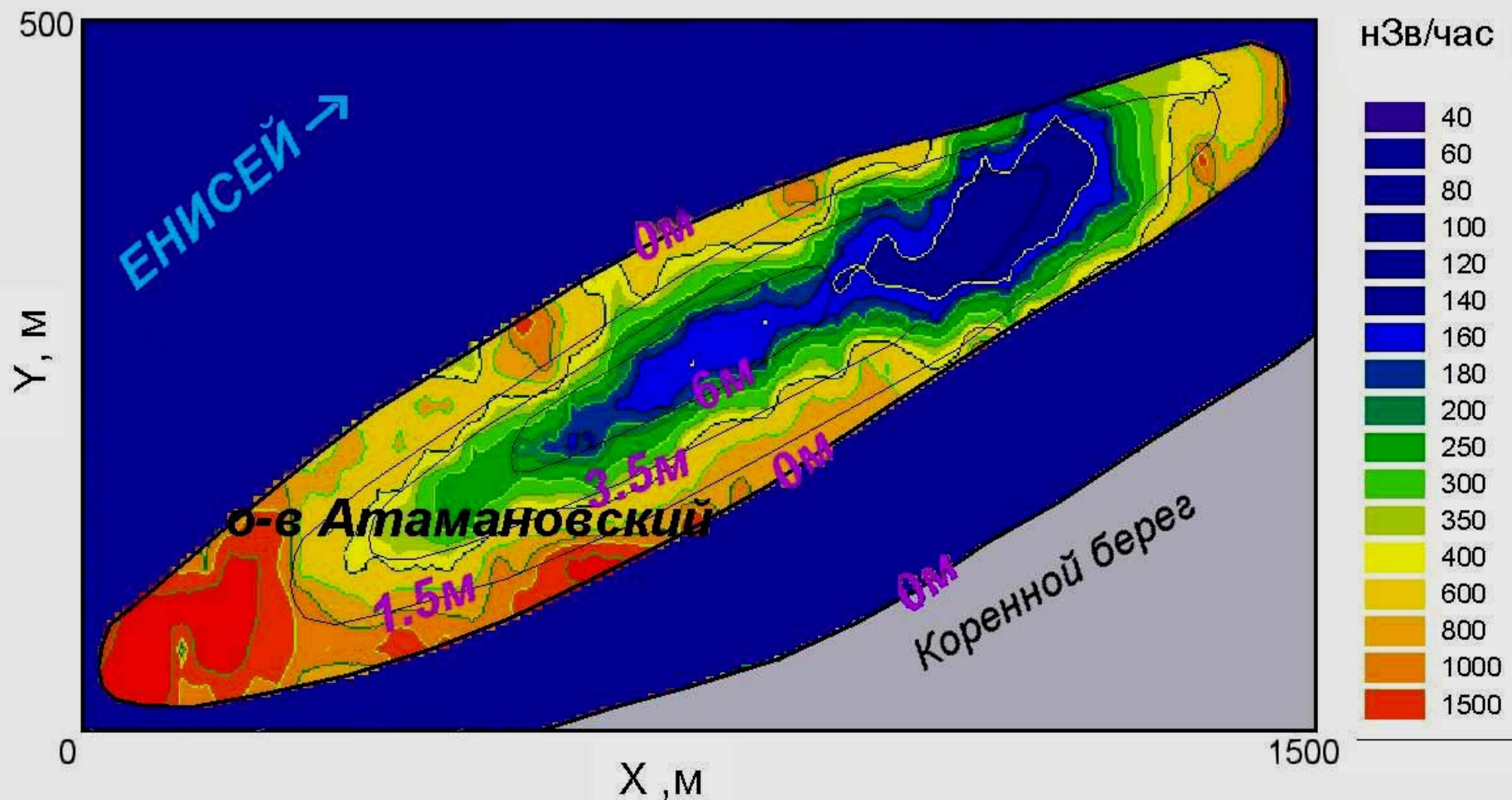
о.Тарыгин (р.Енисей)



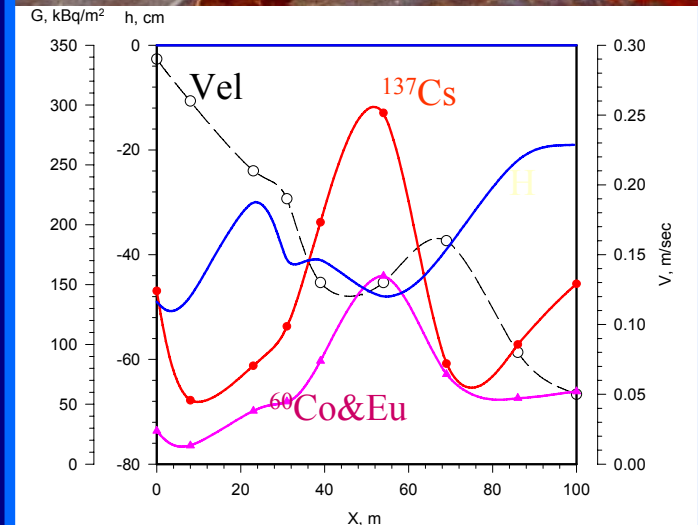
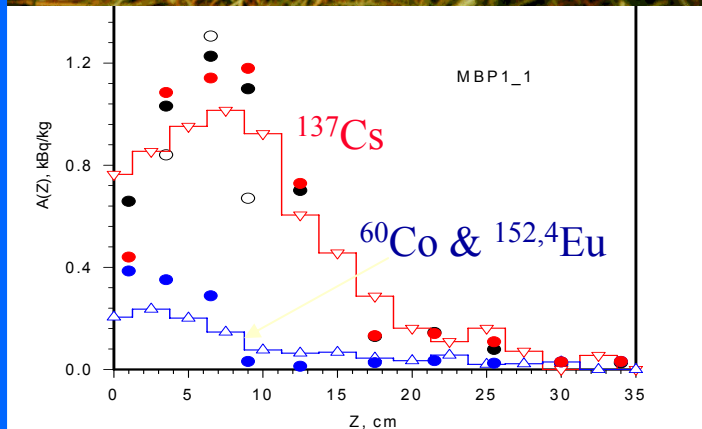
Распределение МЭД на острове Казачий (р.Енисей)



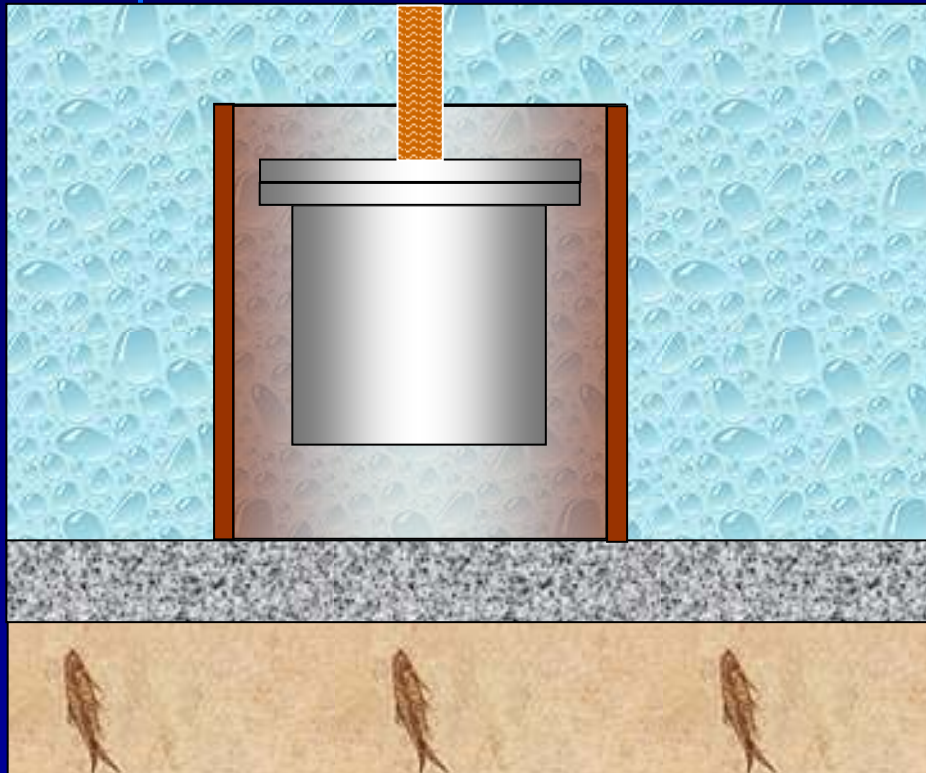
Распределение МЭД на острове Атамановский



Радиометры для экологических измерений

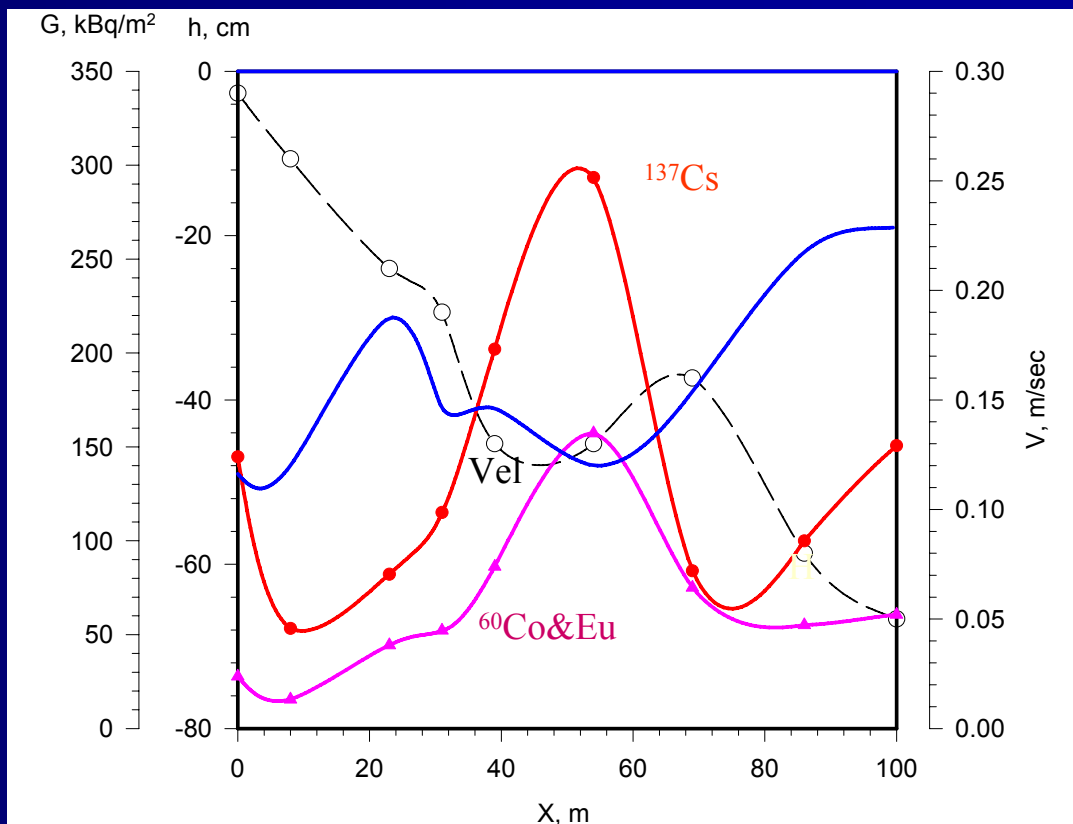


Радиометр с подводным погружным детектором

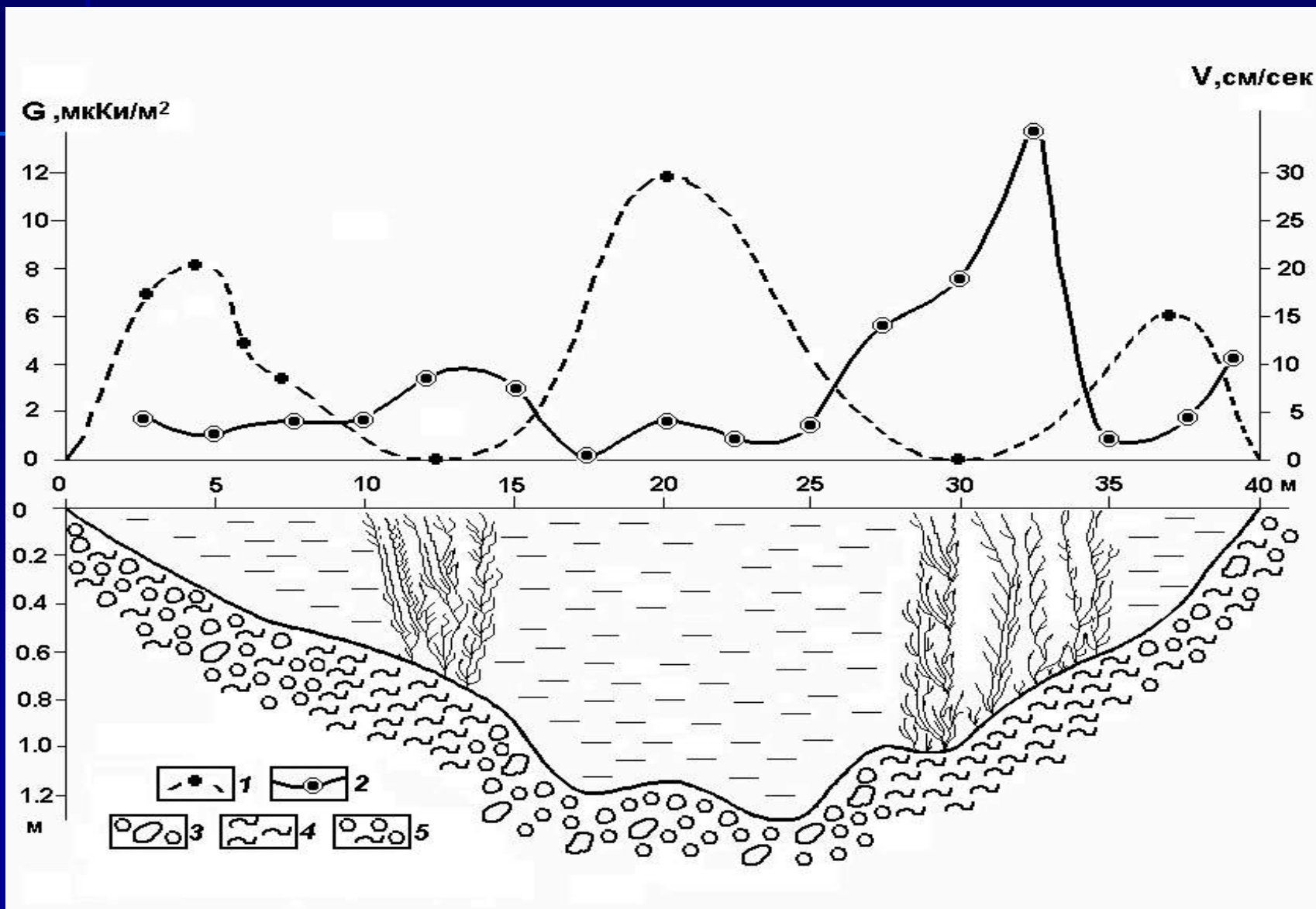


- Пространственное разрешение $\sim 50\text{см}$
- Диапазон измерения – $20 \div 10^5 \text{кБк/м}^2$
- Минимальная измеряемая активность ^{137}Cs
(время измерения 300с и стат.составляющая погрешности 30%)
 $\sim 20 \text{кБк/м}^2$ ($\sim 0,5 \text{Ки/м}^2$)

Радиометр с подводным погружным детектором



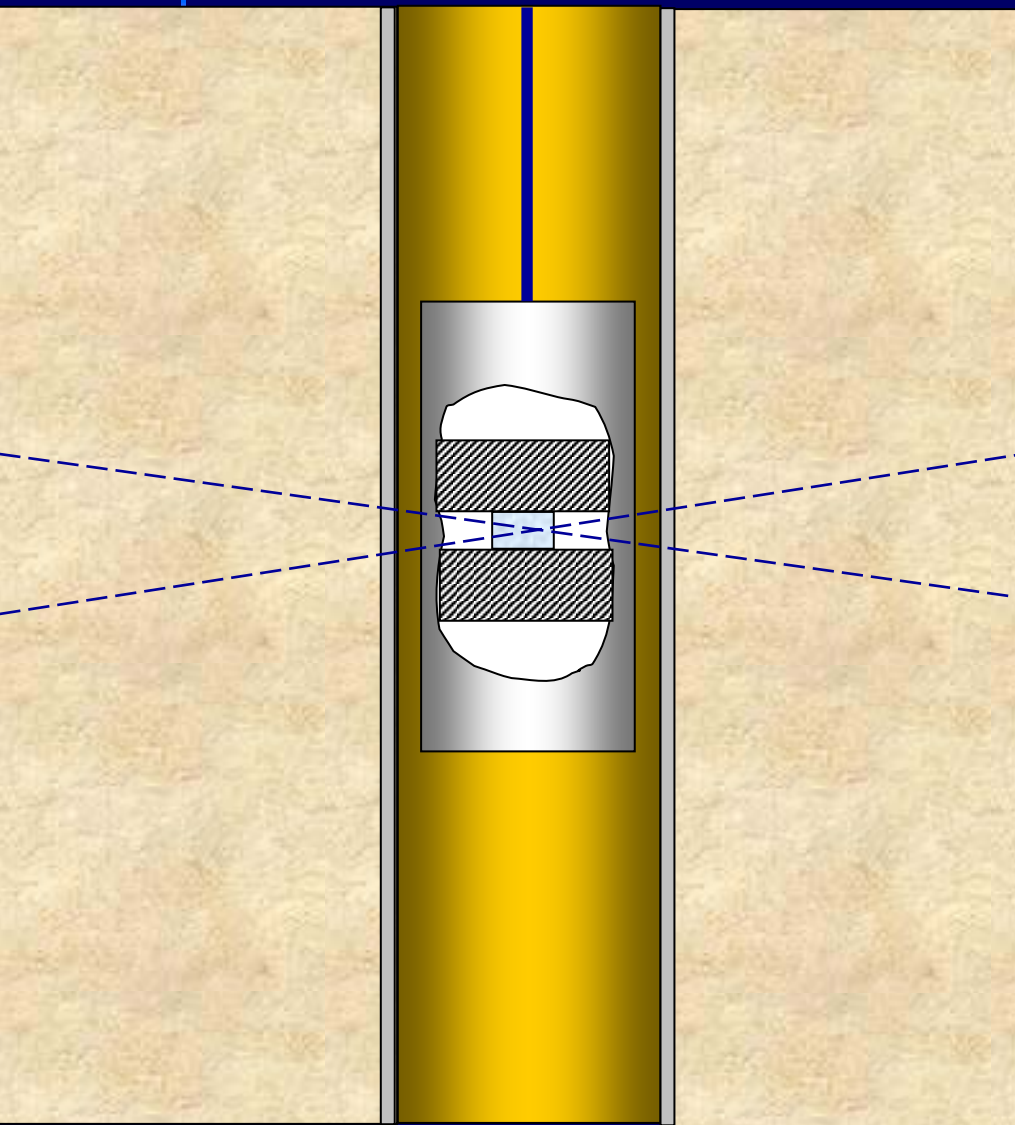
Р. Плава (Тульская область)



Радиометр с погружным детектором



Схема измерения погружным детектором



$V=0.064 \text{ см}^3$

5.7 см^3

Энергетическое разрешение по линии

662 кэВ 9%

7 %;

Диапазон измерения удельной
активности, Бк*кг-1

по ^{137}Cs $1,0 \times 10^3 \div 5,0 \times 10^6$ ($50 \div 5 \times 10^5$)

по ^{60}Co ($0,5 \times 10^3 \div 2,5 \times 10^6$) ($20 \div 2 \times 10^5$)

Значения чувствительности, с-1 Бк-1 кг

по ^{137}Cs $5,8 \times 10^{-5}$ $1,4 \times 10^{-3}$

по ^{60}Co $1,7 \times 10^{-4}$ $5,4 \times 10^{-3}$

Минимальная измеряемая активность
(время измерения 300с

и стат.составляющая погрешности 50%)

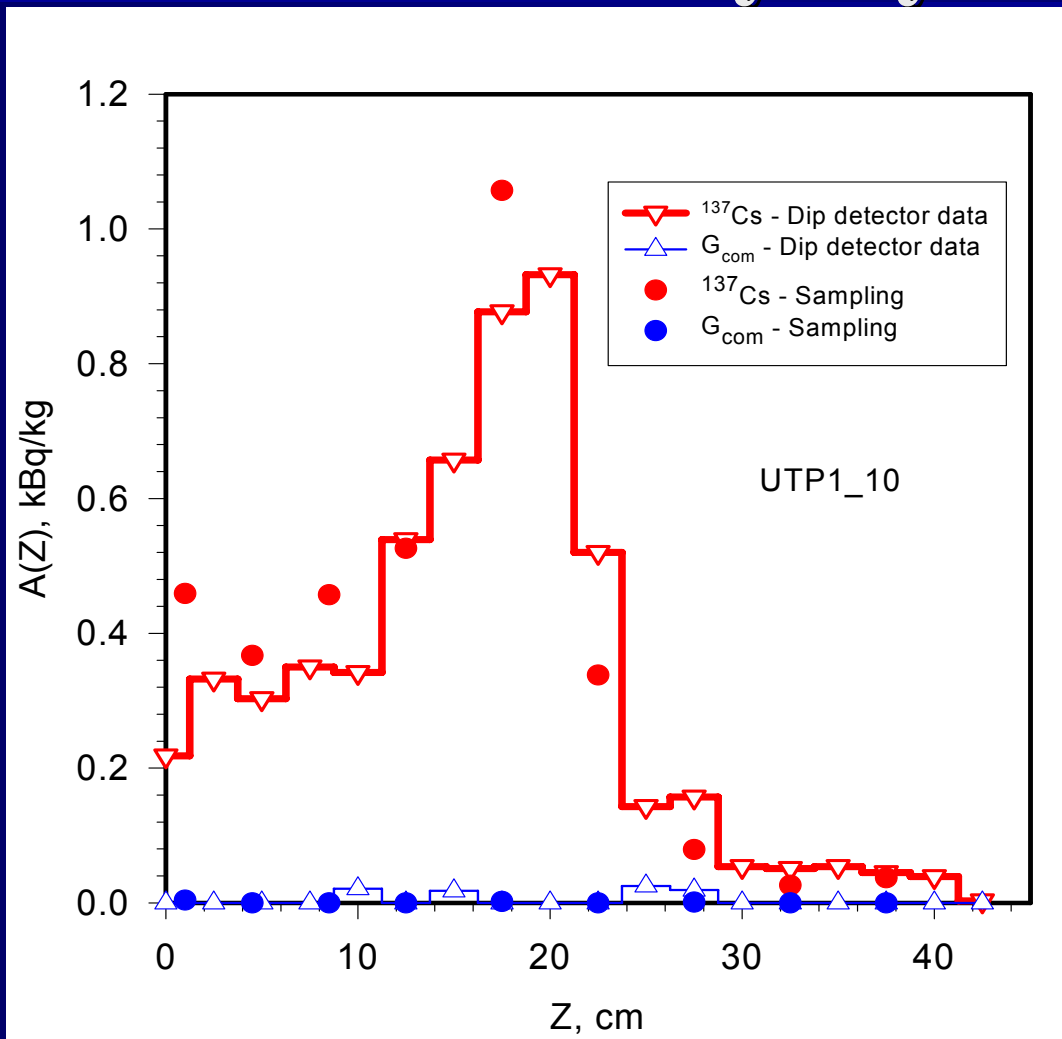
Бк*кг-1:

по ^{137}Cs $1,0 \times 10^3$ 50

по ^{60}Co $0,5 \times 10^3$ 20

Пространственное разрешение по
глубине $\sim 5 \text{ см}$;

Результаты измерения погружным детектором (пойменный участок р. Енисей. О. Усть-Тунгусский)



Проблема обращения с РАО (отложенные решения) Реабилитация территории ВХРАО в РНЦ «Курчатовский институт»

Площадка ВХРАО РНЦ «КИ» 26 октября 2004 г.



Разведка территории ВХРАО

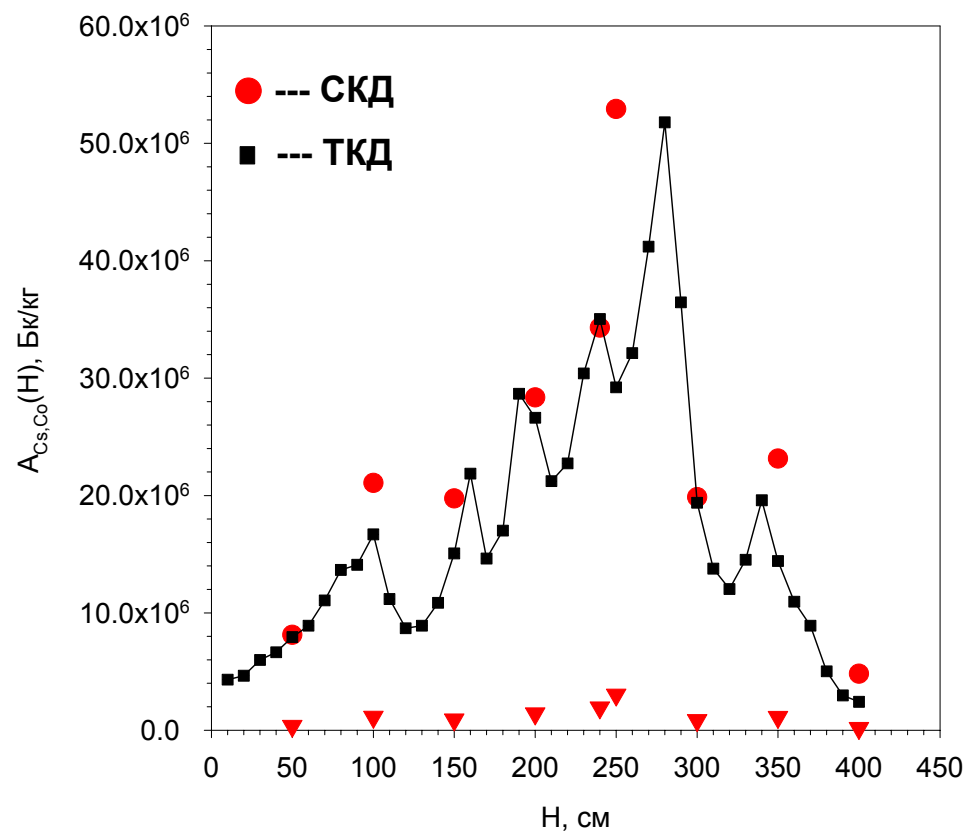
Токовый и спектрометрический погружные детекторы



Токовый детектор:
 $\text{CsI(Tl)} \text{ } \varnothing 8 \times 8 \text{ мм}$ ($V_{\text{det}} = 0,40 \text{ см}^3$)
Диапазон измерения
удельной активности, Бк кг^{-1} :
по Cs-137 – $1 \cdot \text{Е}4 \div 4 \cdot \text{Е}8$
по Co-60 – $5 \cdot \text{Е}3 \div 1 \cdot \text{Е}8$
Пространственное
разрешение по глубине – 5 см



Измерения погружным детектором в технологических скважинах



Коллимированные пороговые детекторы, установленные на технические средства







27/06/2006

Радиометр для определения активности р/н в транспортных контейнерах



Радиометр для определения активности р/н в транспортных контейнерах



Полевой спектрометрический коллимированный детектор «ПСКД»

Диапазон энергий регистрируемого излучения
 $60 \div 1600 \text{ кэВ}$;

Энергетическое разрешение по линии 662 кэВ
не хуже 8%;

Диапазон измерения удельной активности, Бк
 кг^{-1}

по ^{137}Cs

$(0,7 \times 10^3 \div 1,5 \times 10^8) (V=20 \text{ см}^3)$

$(2,0 \times 10^4 \div 6,0 \times 10^8) (V=5 \text{ см}^3)$

по ^{60}Co

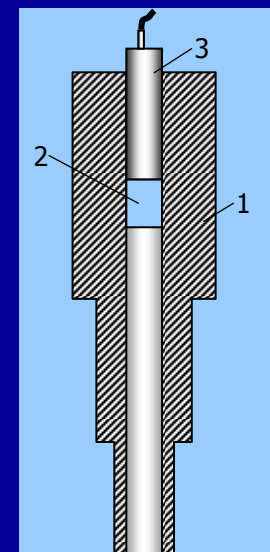
$(2,0 \times 10^3 \div 4,0 \times 10^7) (V=20 \text{ см}^3)$

$(0,5 \times 10^4 \div 1,5 \times 10^8) (V=5 \text{ см}^3)$

Гамма локатор с дистанционным управлением

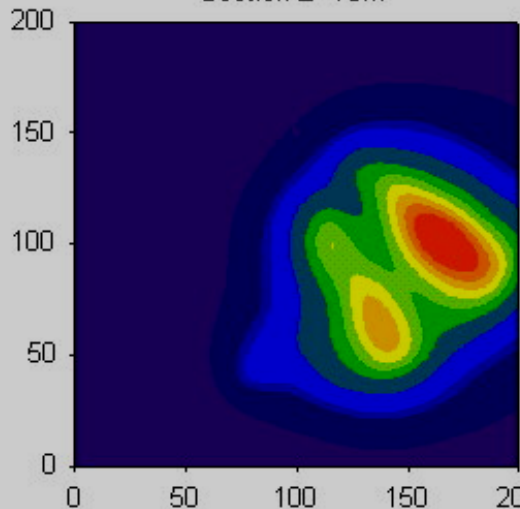


Гамма-локатор Площадка ВХРАО

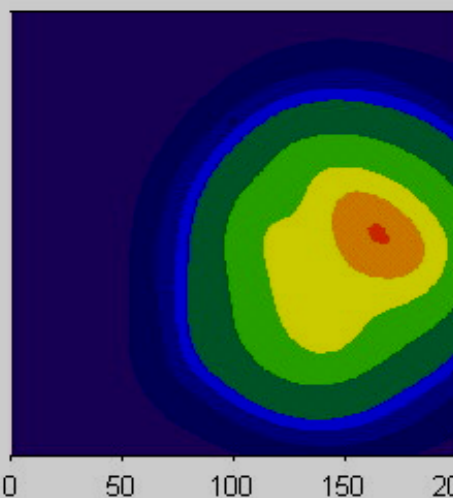


Распределения МЭД на площадке ВХРАО

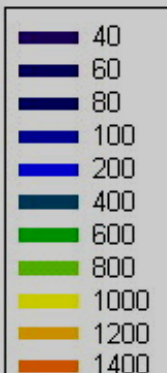
Section Z=10m



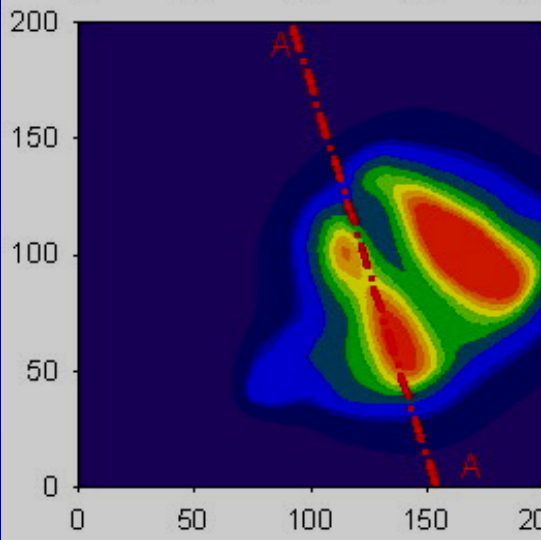
Section Z=25m



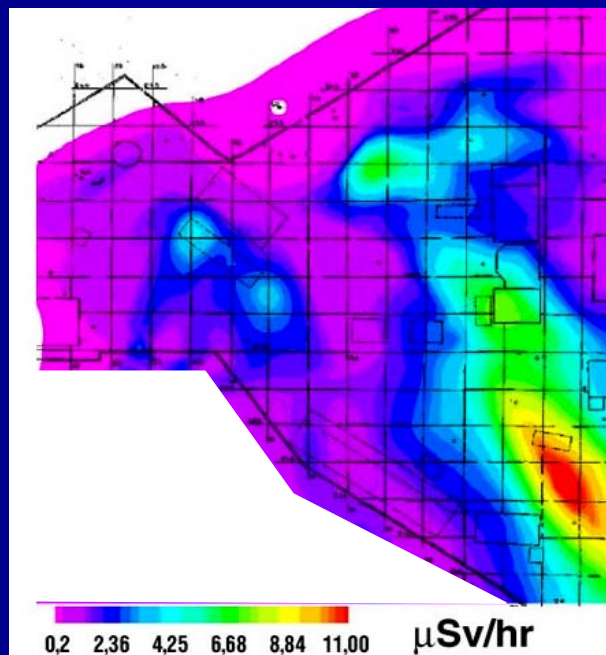
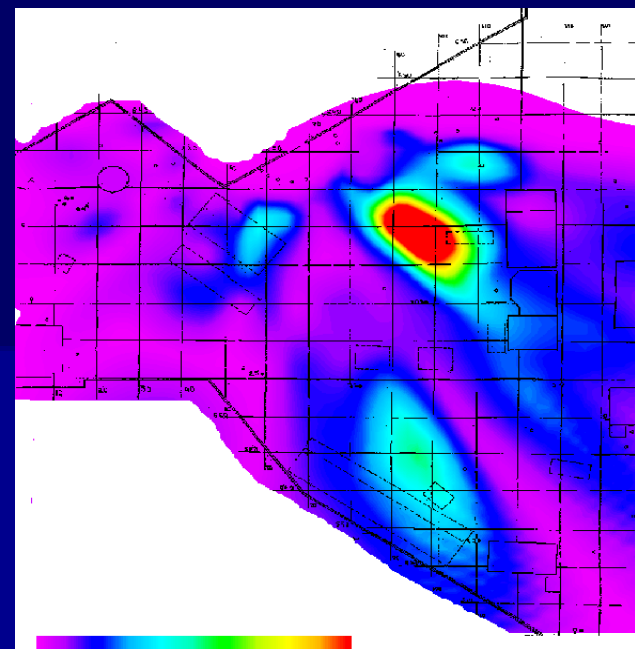
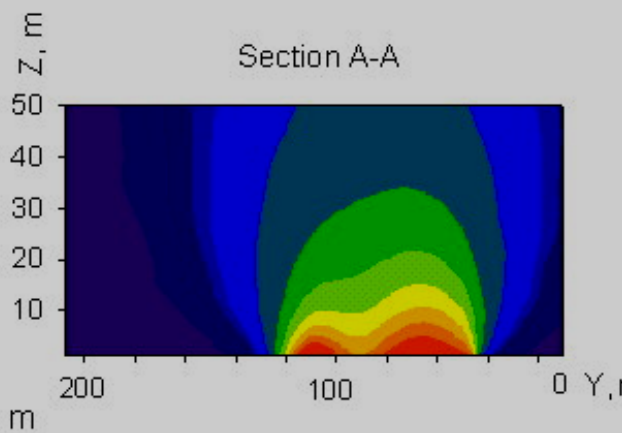
EDR, $\mu\text{R/h}$



Section Z=5m



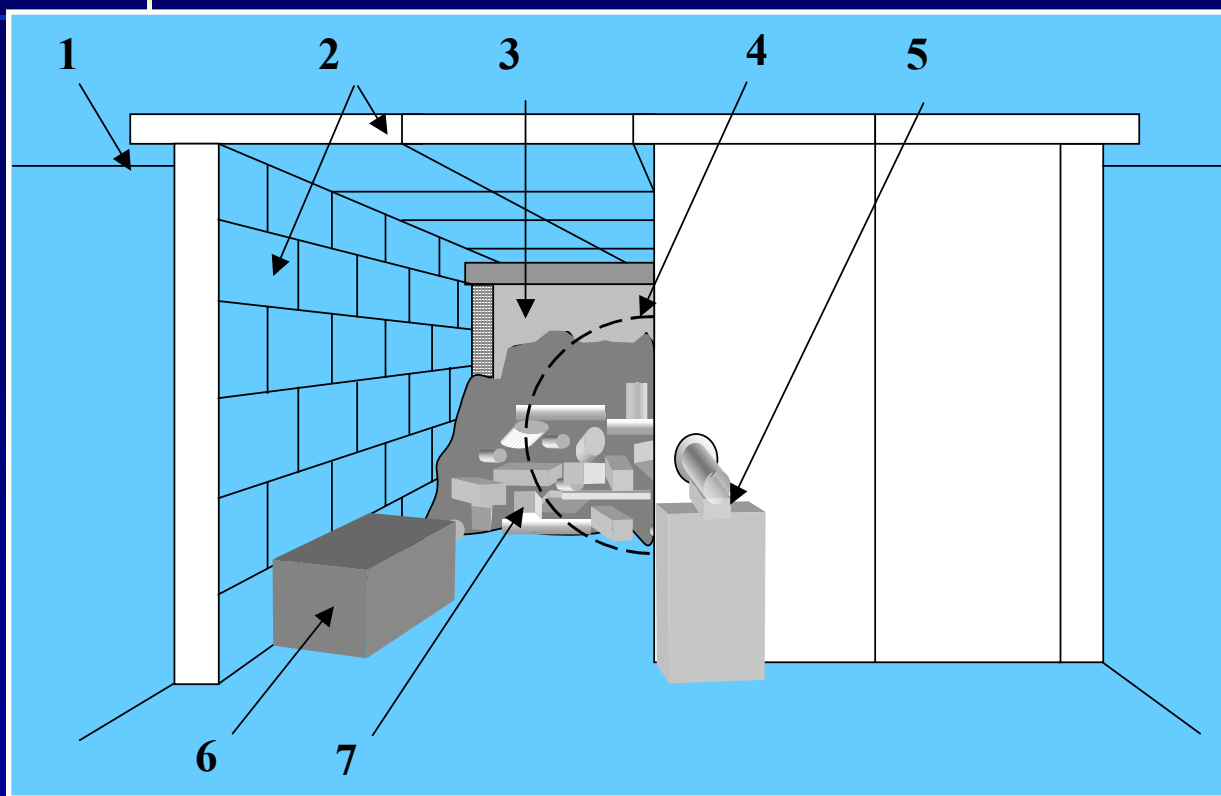
Section A-A





Применение Гамма-визора в работах по выгрузке РАО из временных хранилищ

Расположение Гамма-визора в хранилище РАО



1- уровень земли,

2- дополнительное защитное укрытие из бетонных блоков с перекрытиями бетонными плитами

3- хранилище РАО

4- поле зрения прибора

5- месторасположение прибора на подставке на входе в хранилище,

6 – контейнер для РАО,

7 – РАО подготовленные к загрузке в контейнеры





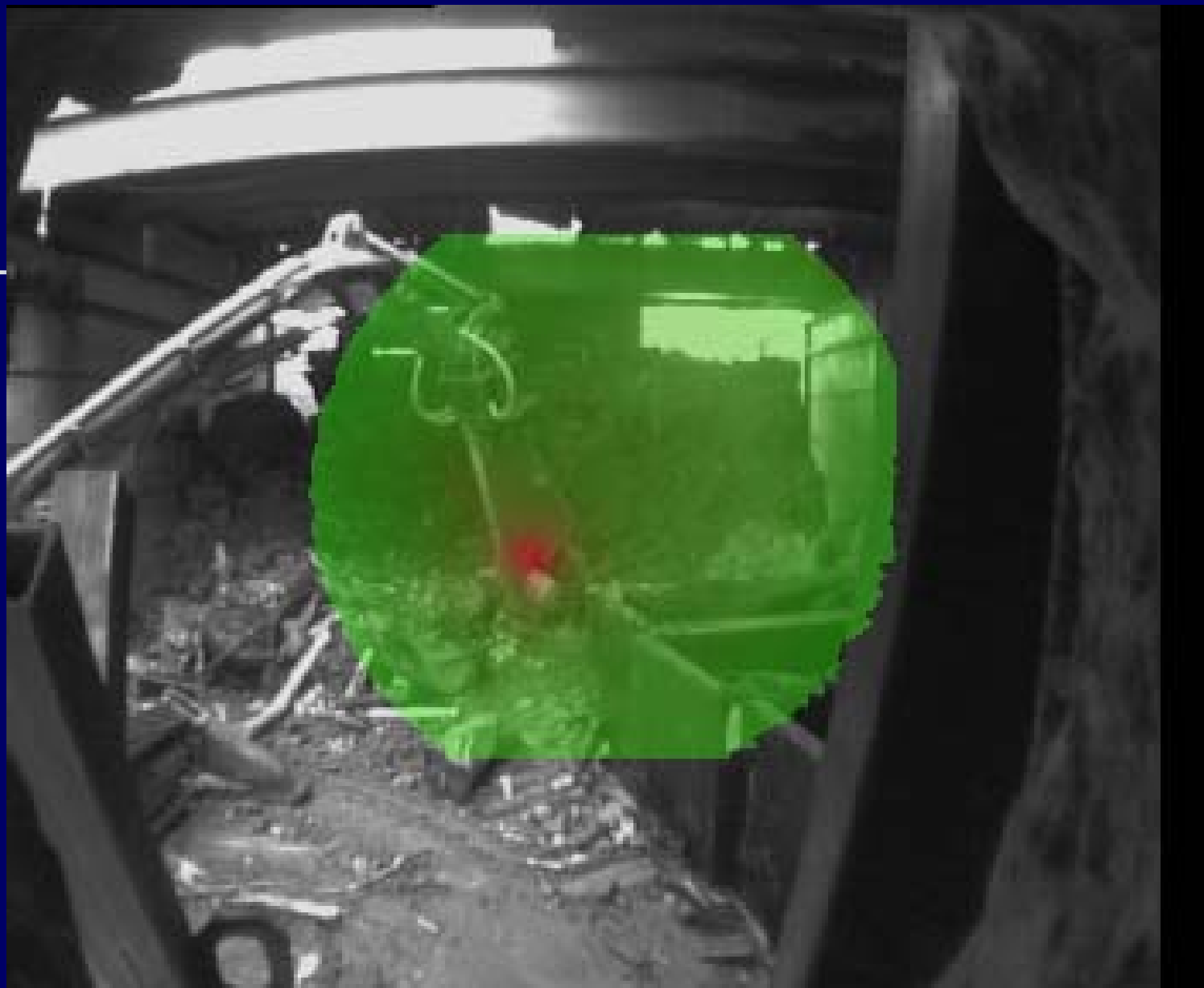










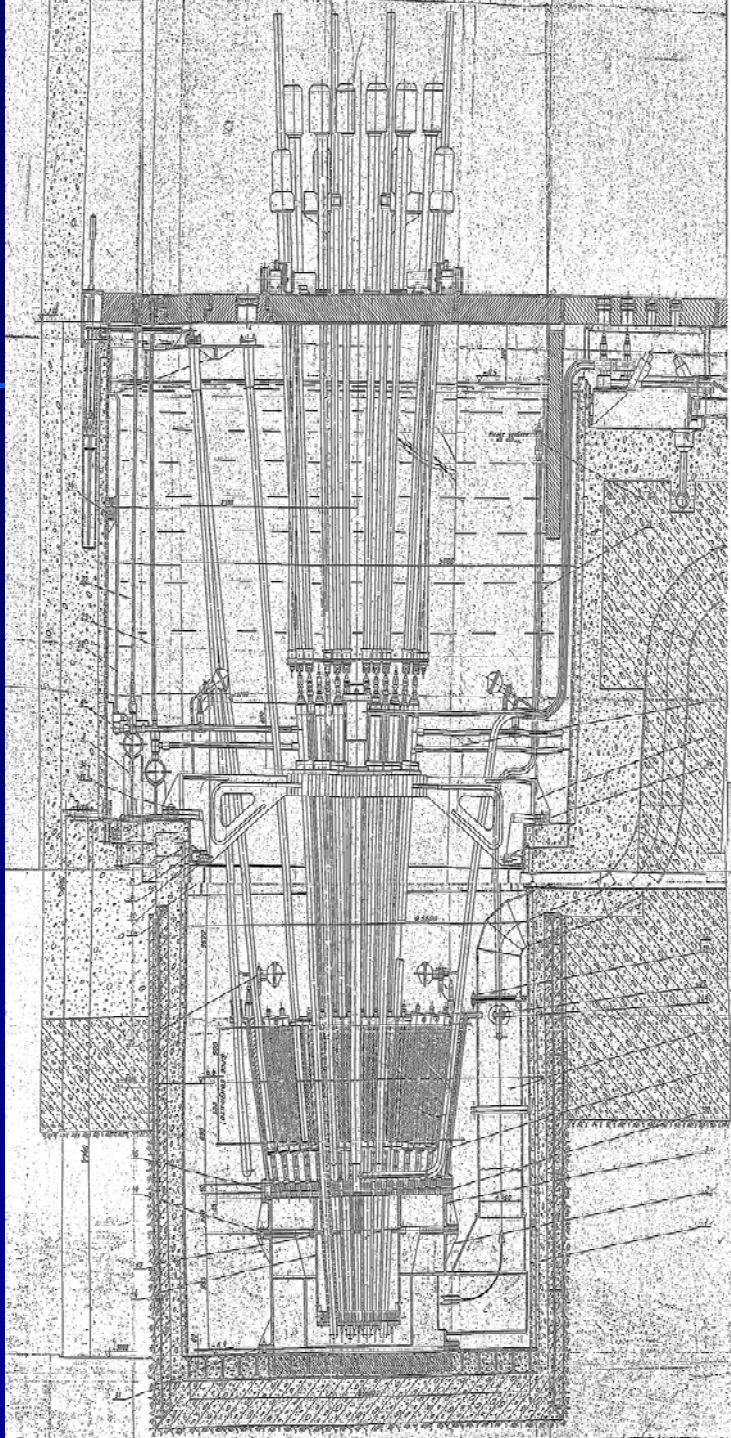






Химический комбинат, г. Грозный

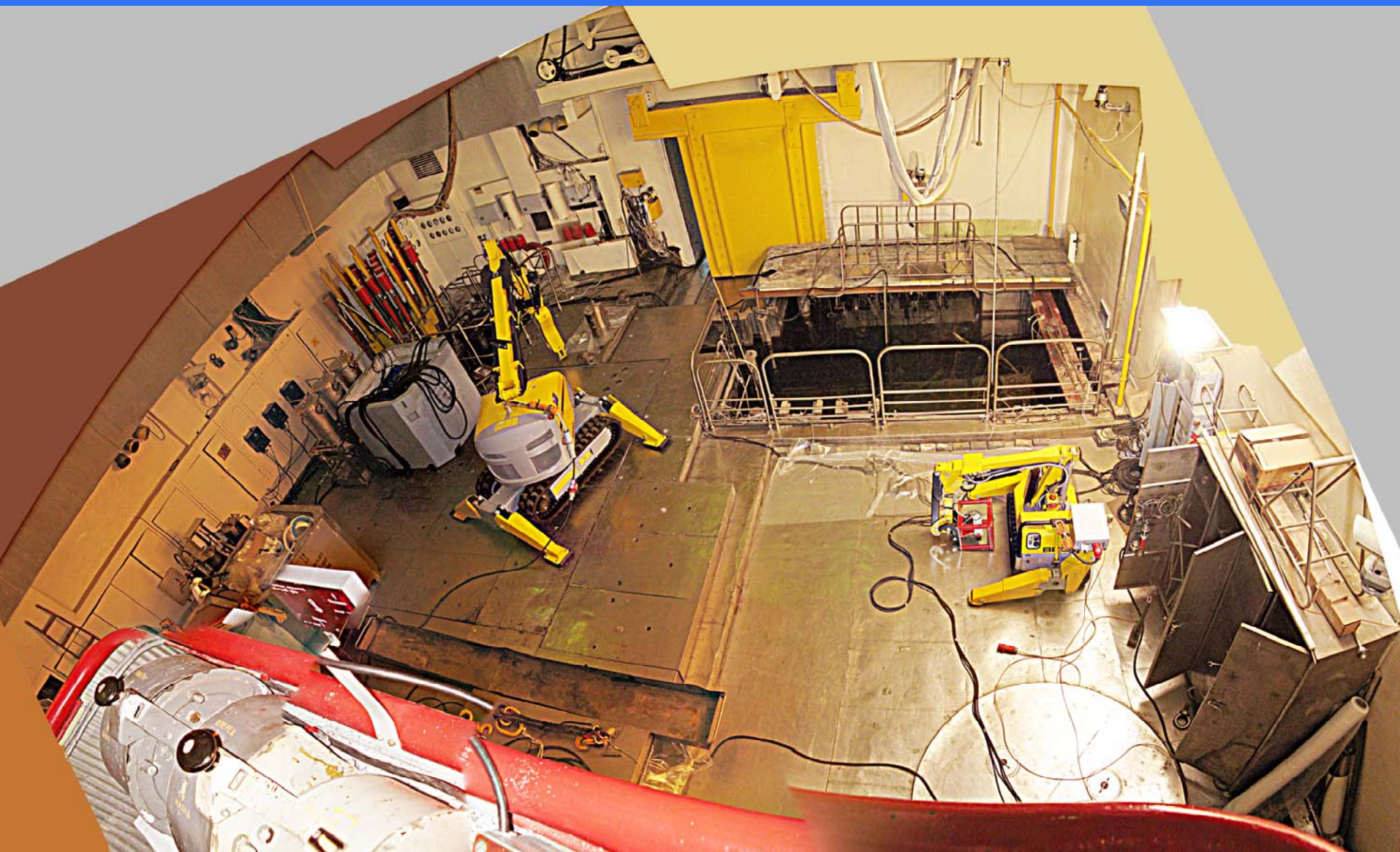




Реактор МР

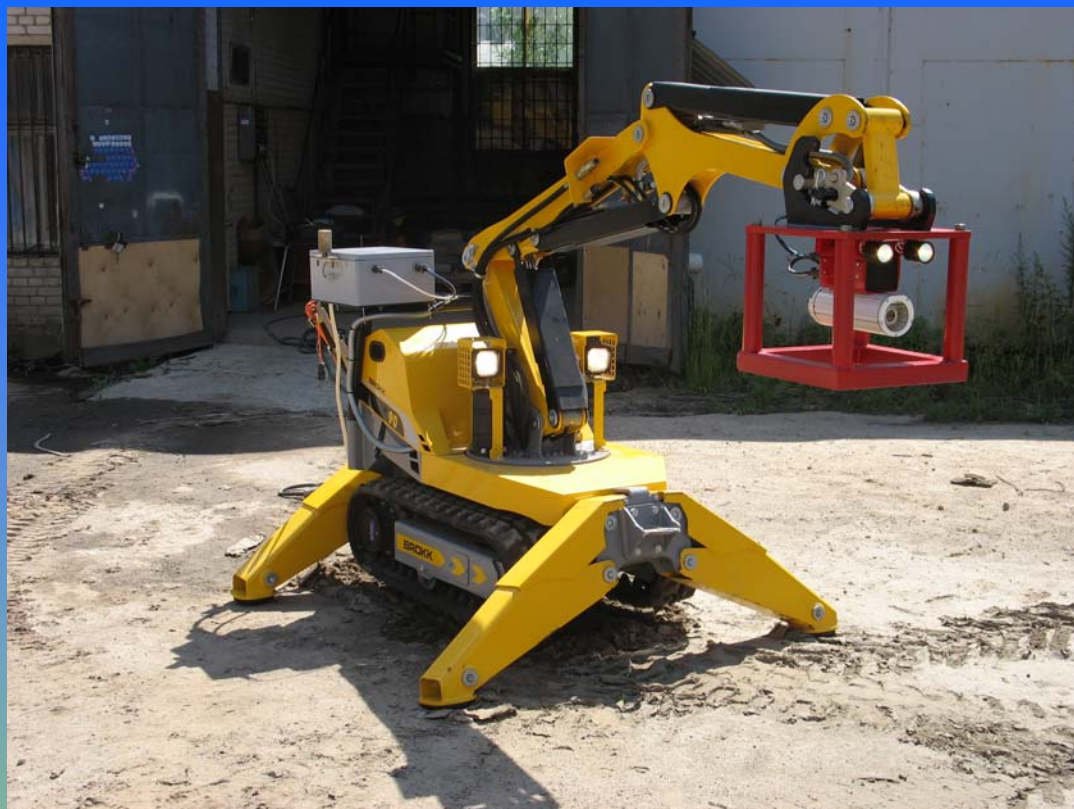
- Реактор МР - многопетлевой исследовательский реактор, предназначенный для испытаний ТВЭЛОВ и материалов новых атомных энергетических установок
- Проектная мощность реактора – 20МВт

Реакторный зал МР



Система радиационных измерений на роботе БРОКК



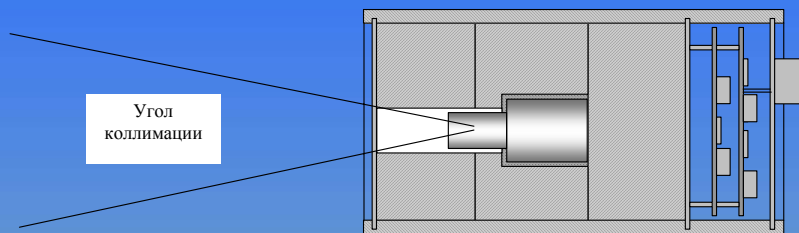


БРОКК-ПИОНЕР

Пульт управления



Измерительный блок



Коллимированный детектор
сцинтиллятор (CWO) -фотодиод

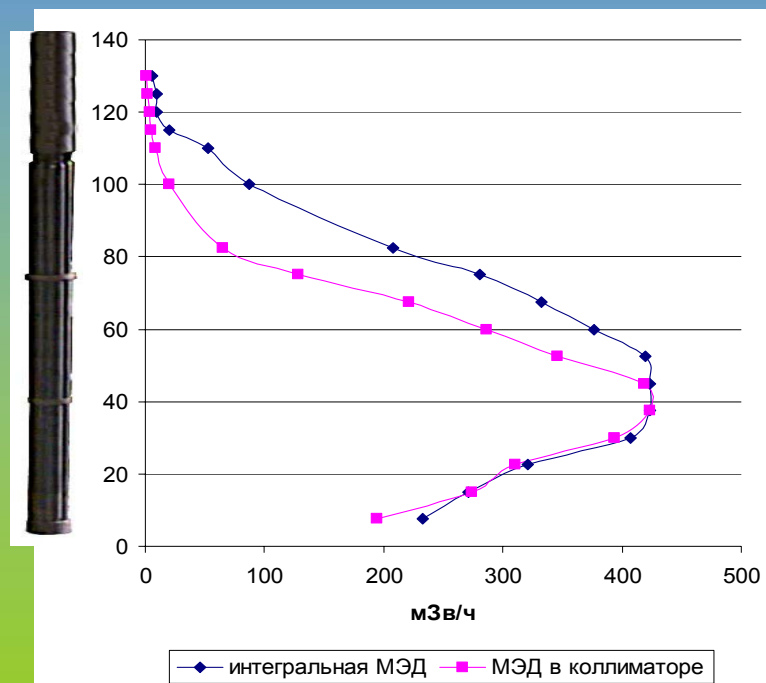
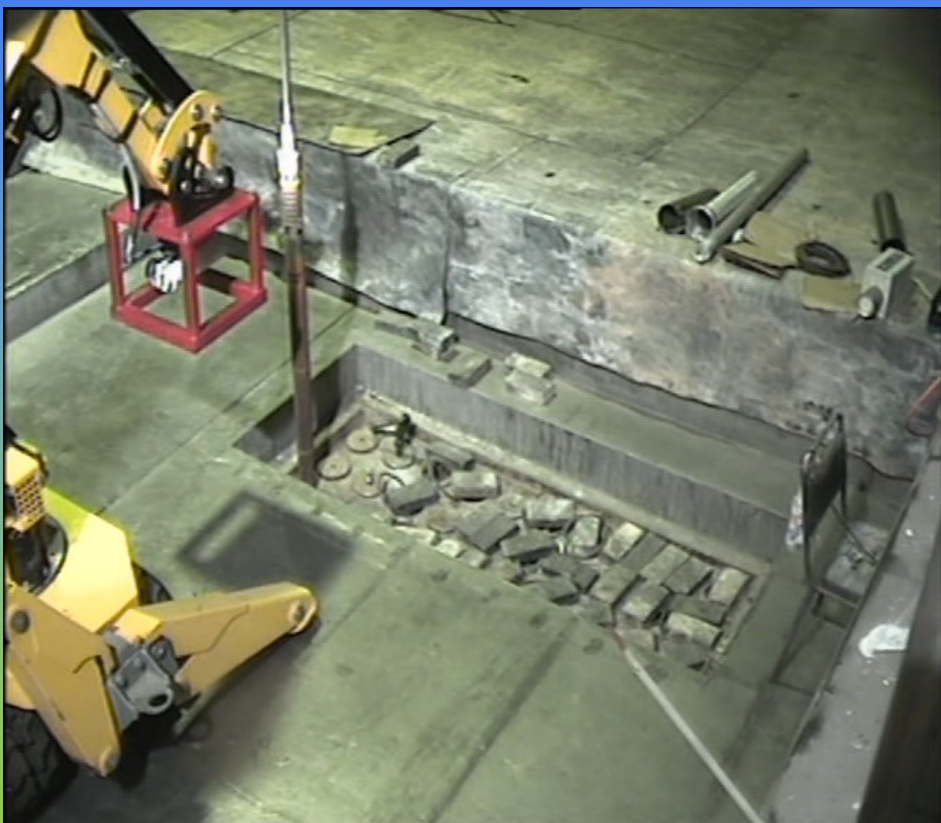


диапазон измерения МЭД -
1мЗв/ч - 8.5 Зв/ч;

Обследование хранилища СУЗ с помощью БРОКК- ПИОНЕР



Обследование хранилища СУЗ с помощью БРОКК- ПИОНЕР



Зависимость интегральной и парциальной
мощности дозы от разных частей ТВС

Результаты обследования с помощью БРОКК-ПИОНЕР



Методы обнаружения делящихся материалов, ОЯТ

пассивные

Измерение x-
ray урана

Измерение
нейтронного
излучения ОТВС

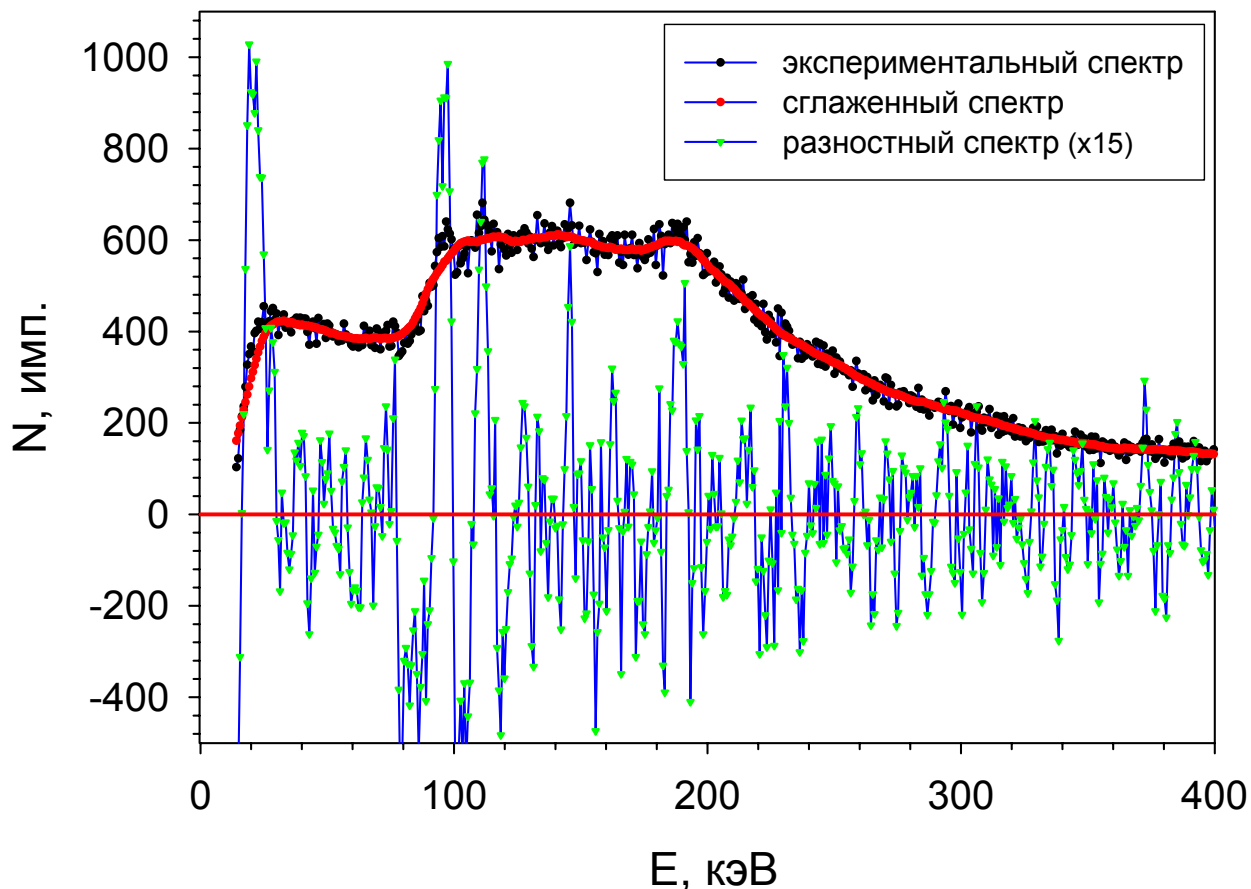
активные

Фотоядерные
реакции

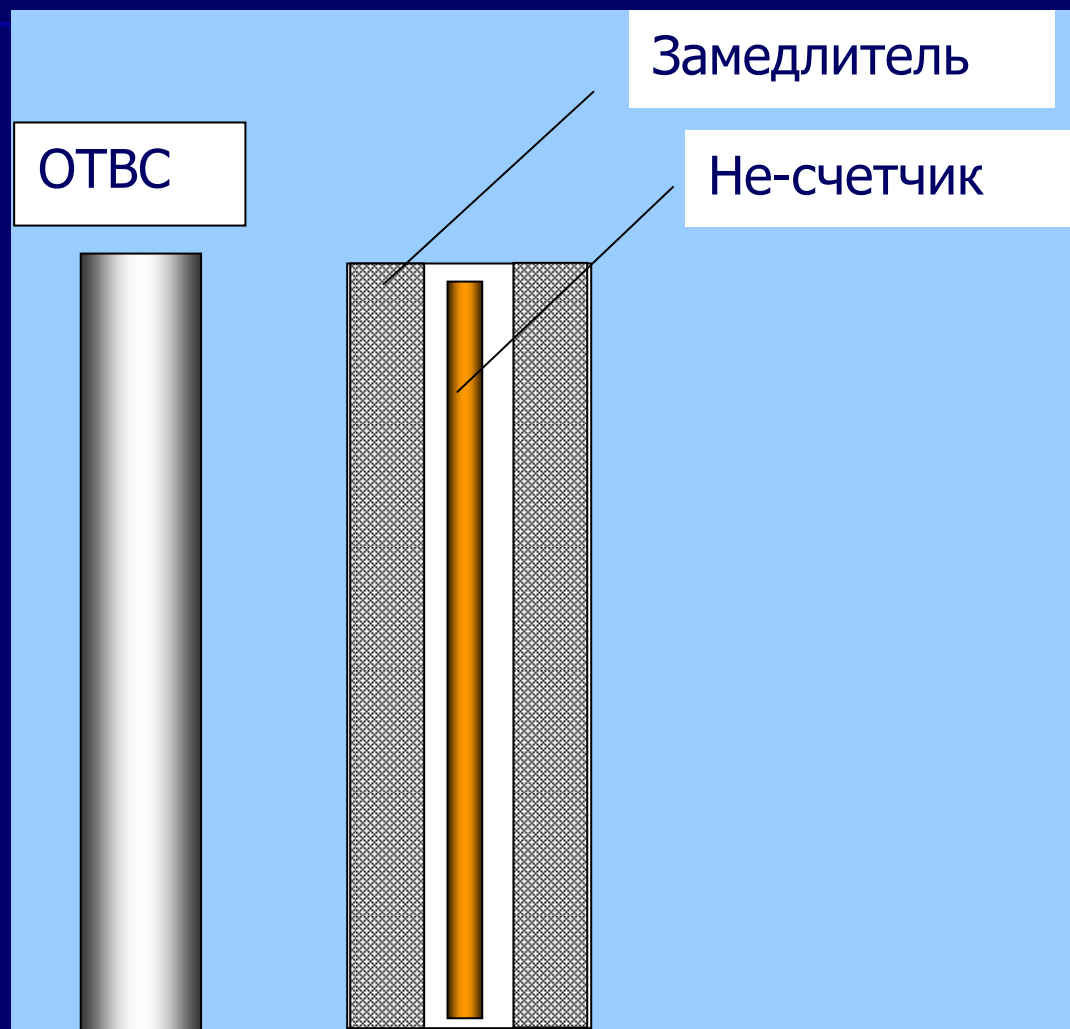
Нейтронное
излучение
импульсных
генераторов

Обнаружение урана пассивным методом.

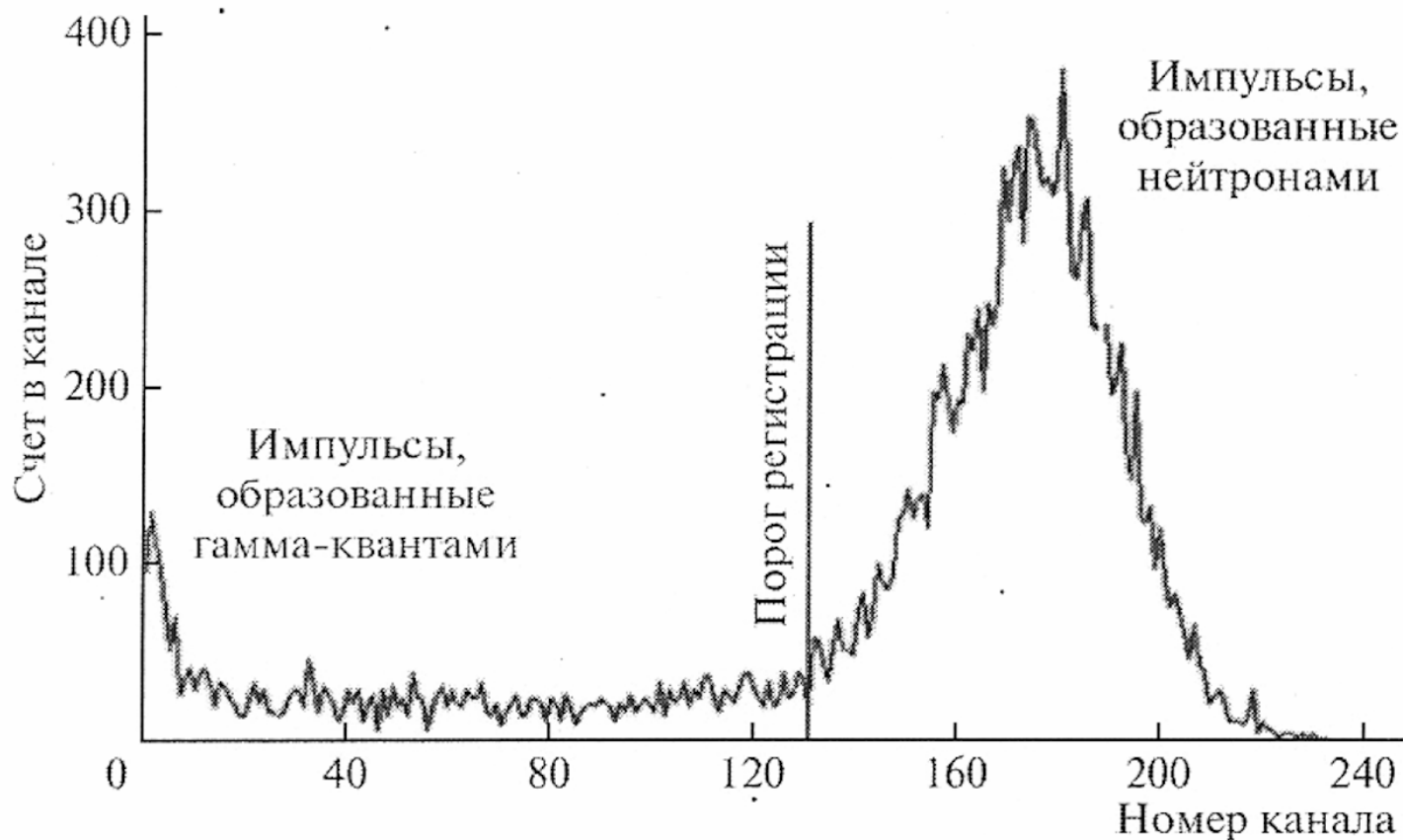
Объект «Ромашка»



Пассивный метод обнаружения ОЯТ



Спектр импульсов при измерении нейтронного излучения ОТВС

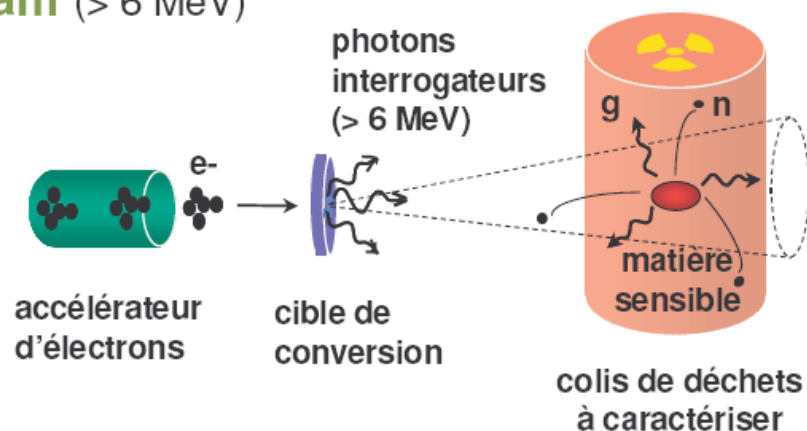
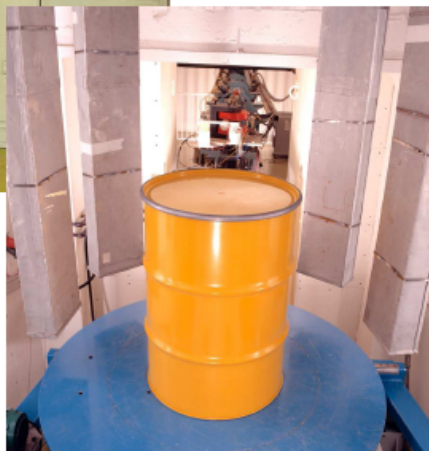
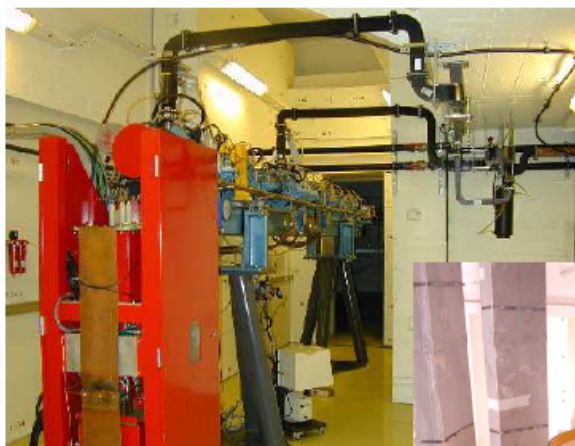


Active measurement by photon interrogation

The SAPHIR facility (CEA/Saclay):



- actinide-mass measurement in **heavy concrete packages** by **photofission** and **delayed-neutron** counting
- **LINAC** + **conversion target**
→ **high-energy photon beam** ($> 6 \text{ MeV}$)



LINAC design features:

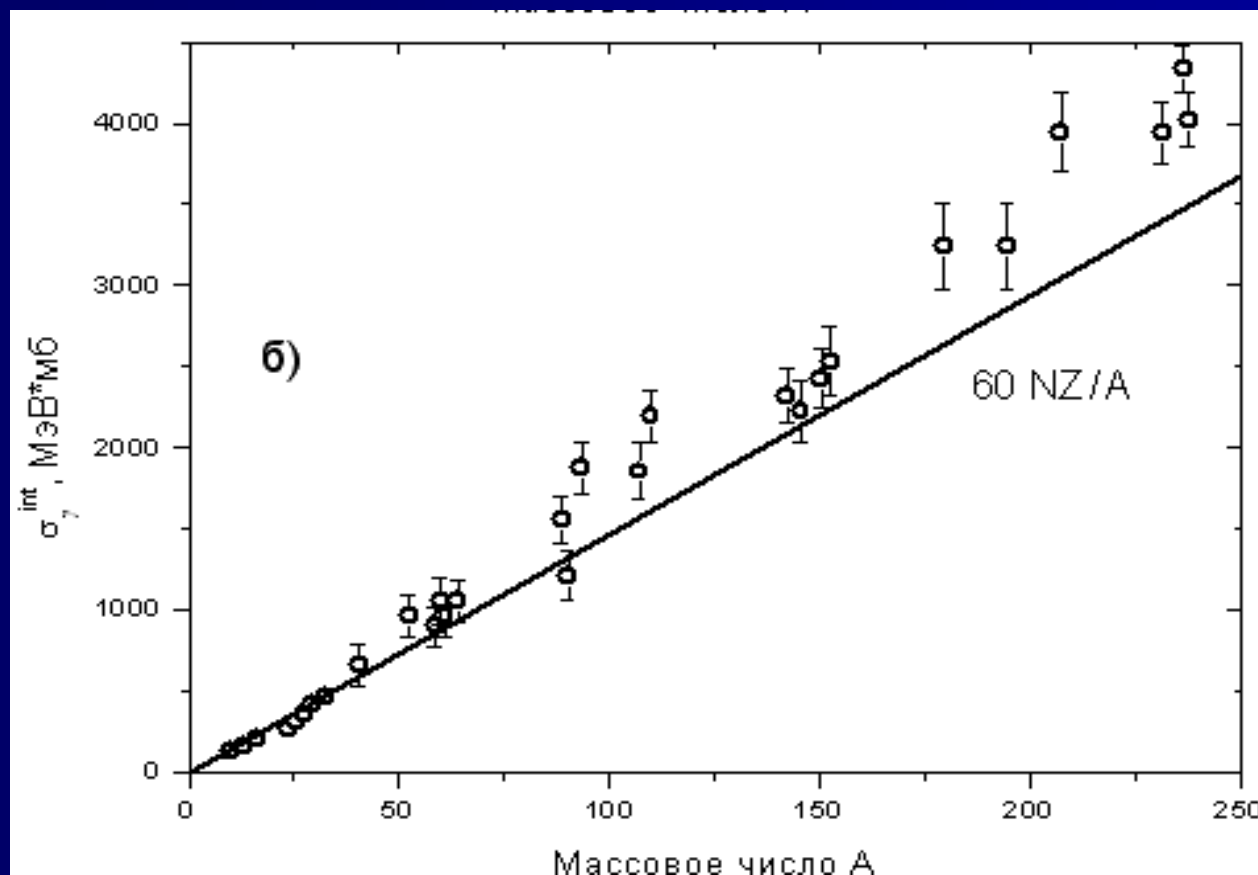
Energy: **15 – 30 MeV**

Repet. freq.: 6.25 – 400 Hz

Pulses: 2.5 μs – 130 mA

Tungsten target (3 mm)

Зависимость интегрального сечения фотоядерной реакции от массового числа

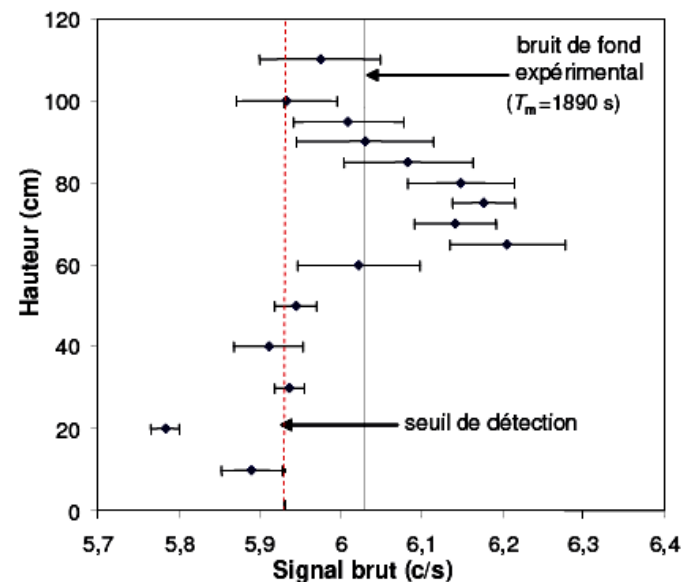
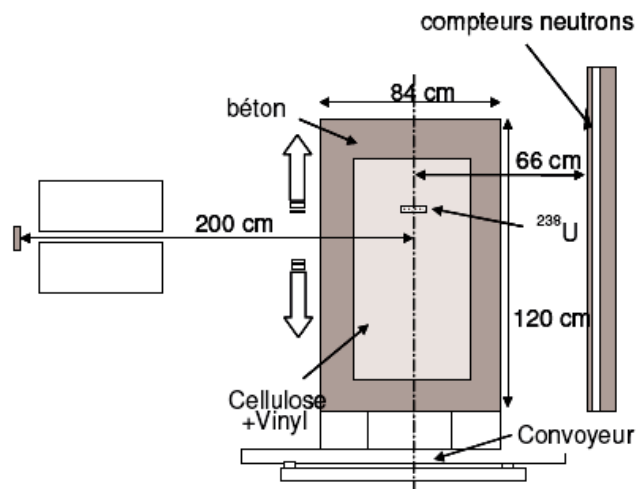


Active measurement by photon interrogation

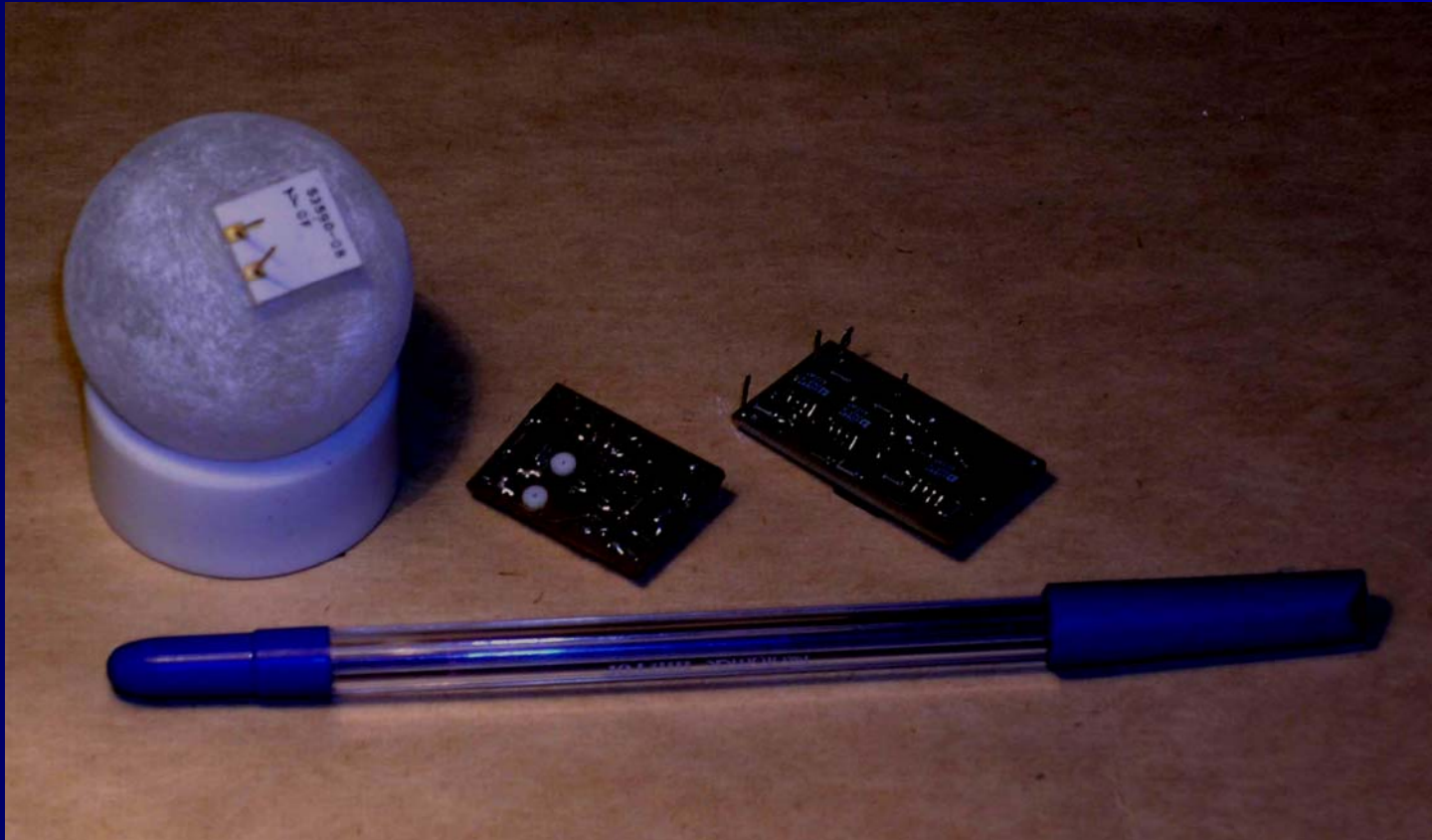


Measurement on a real package: (SAPHIR, CEA/Saclay)

- **concrete package** with **compacted wastes**: 1.2 ton
- **calibration** of the measurement by **simulation** (modified MCNP code)
- detection of **620 mg $\pm$ 450 mg** of ^{238}U equiv. at altitude 70 cm

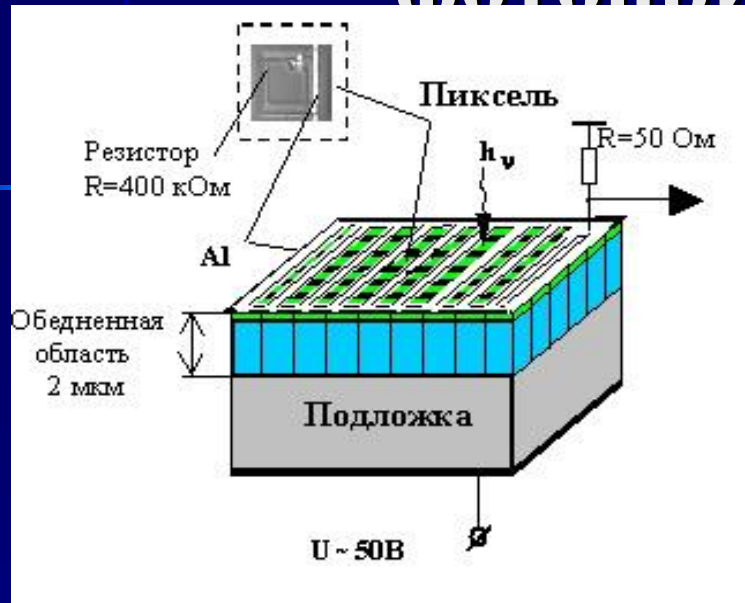


Компоненты детектора «сцинтиллятор-фотодиод»



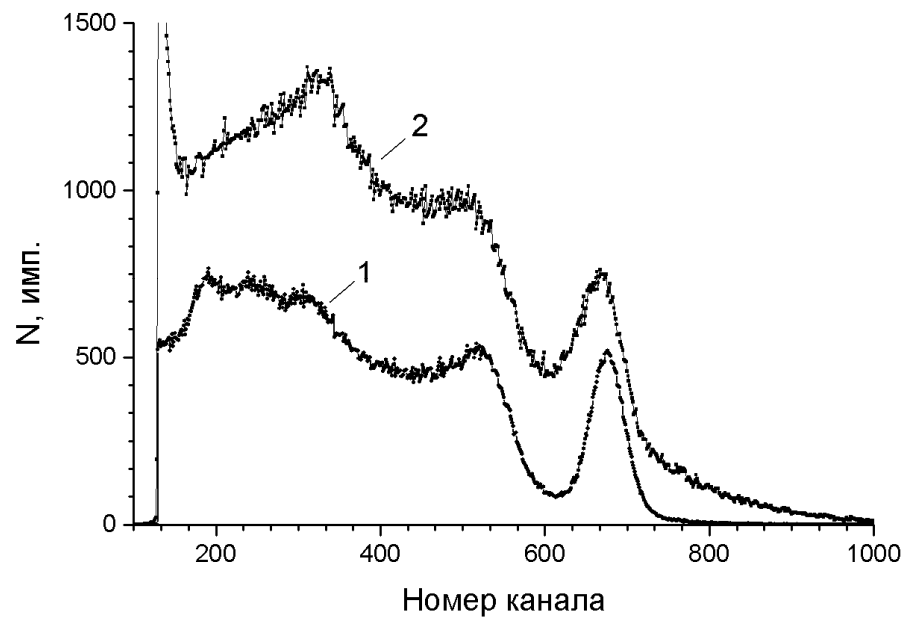


Спектрометрический детектор с фотоприемником SiPM



Cs-137 спектры

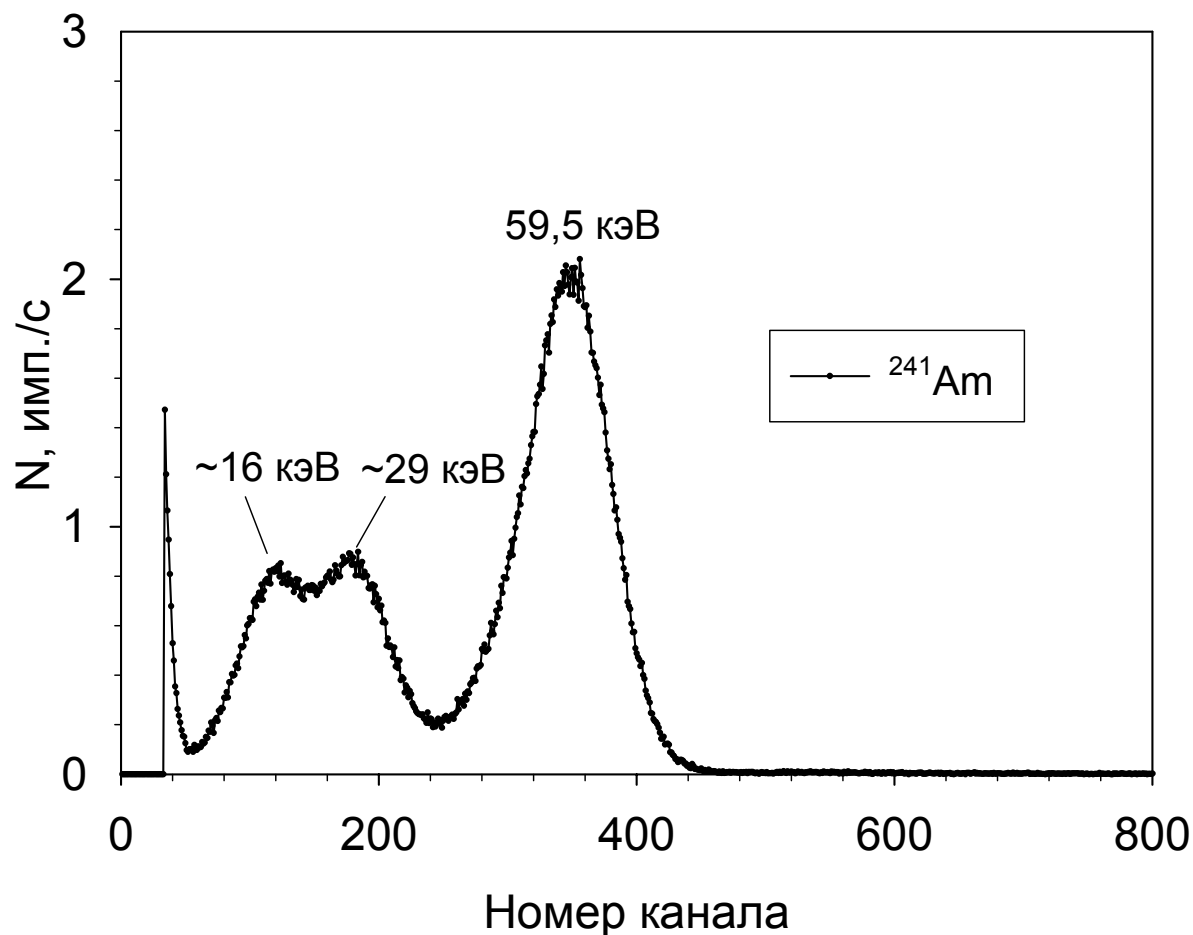
1) МЭД - 0,38 Р/ч 2) МЭД - 26,6 Р/ч



A night landscape photograph. In the foreground, a light-colored dirt road curves from the bottom left towards the center. To the left of the road, there are dark silhouettes of evergreen trees. In the background, rolling hills are visible under a dark sky. The sky is filled with stars, and the Milky Way galaxy is clearly visible, stretching diagonally across the upper half of the frame. On the left side of the sky, there are two distinct, curved bands of yellowish-green light, characteristic of the aurora borealis. In the distance, on the right side, some faint lights from a town or village can be seen. At the bottom of the image, the Russian text "Благодарю за внимание" is written in a bold, white, sans-serif font.

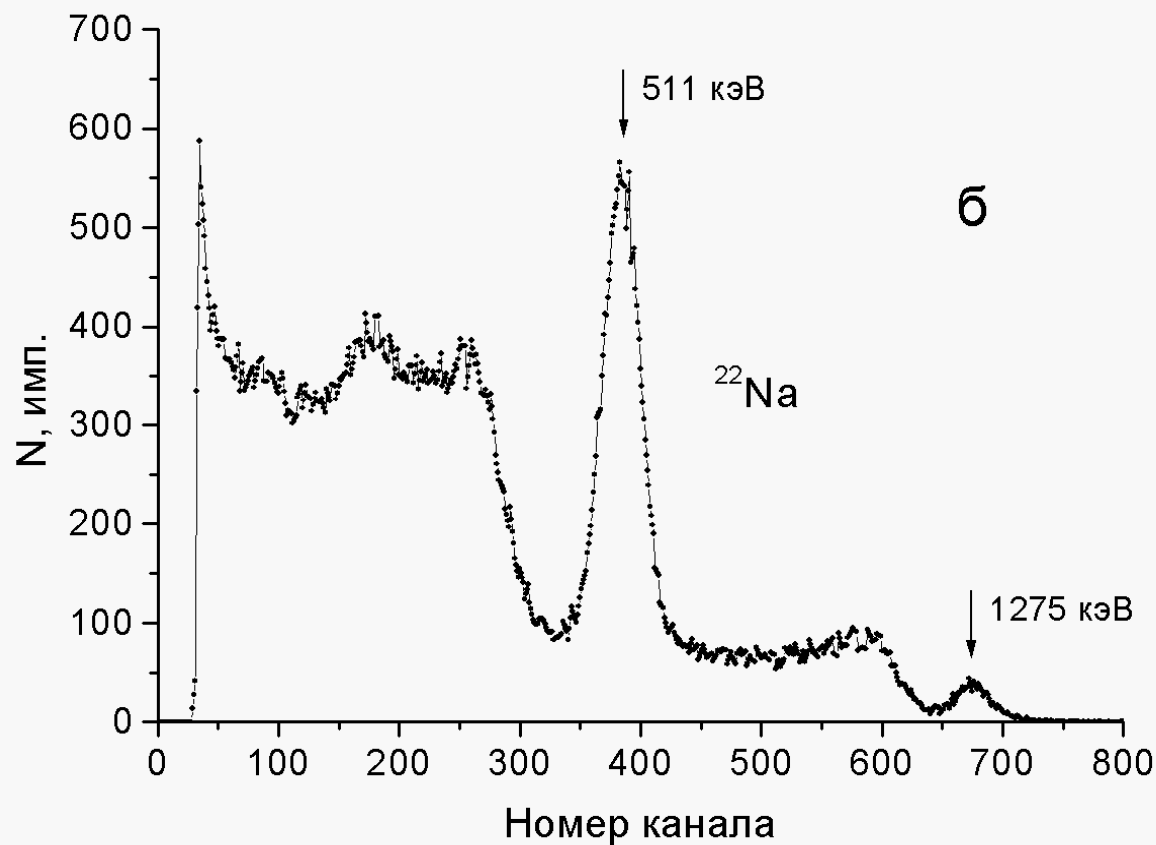
Благодарю за внимание

Аппаратурный спектр излучения ^{241}Am



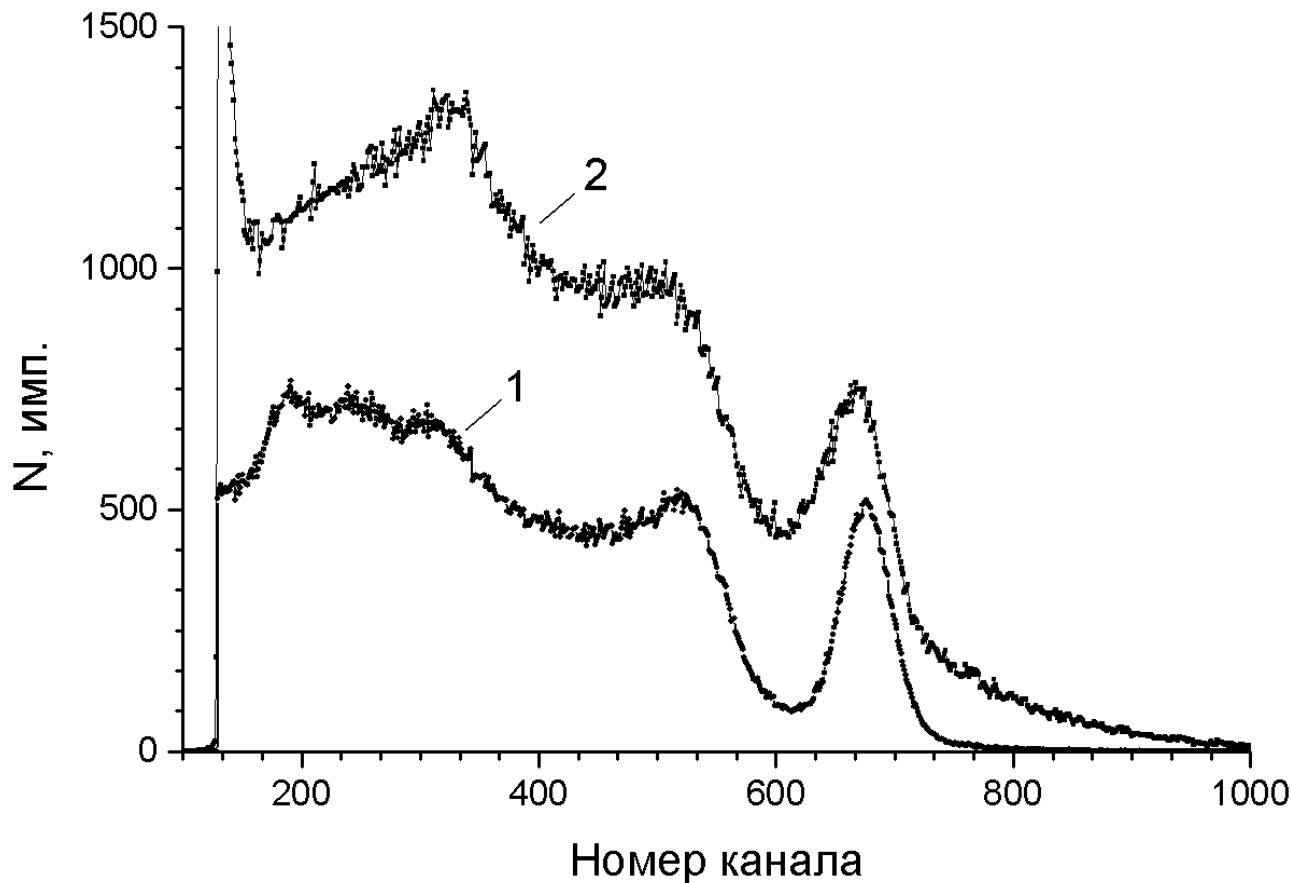
- Детектор CsI(Tl)+SSPM, CsI(Tl)-Ø4x4мм
- SSPM-0606BG4mm (1764пикселя)

Аппаратурный спектр излучения ^{22}Na

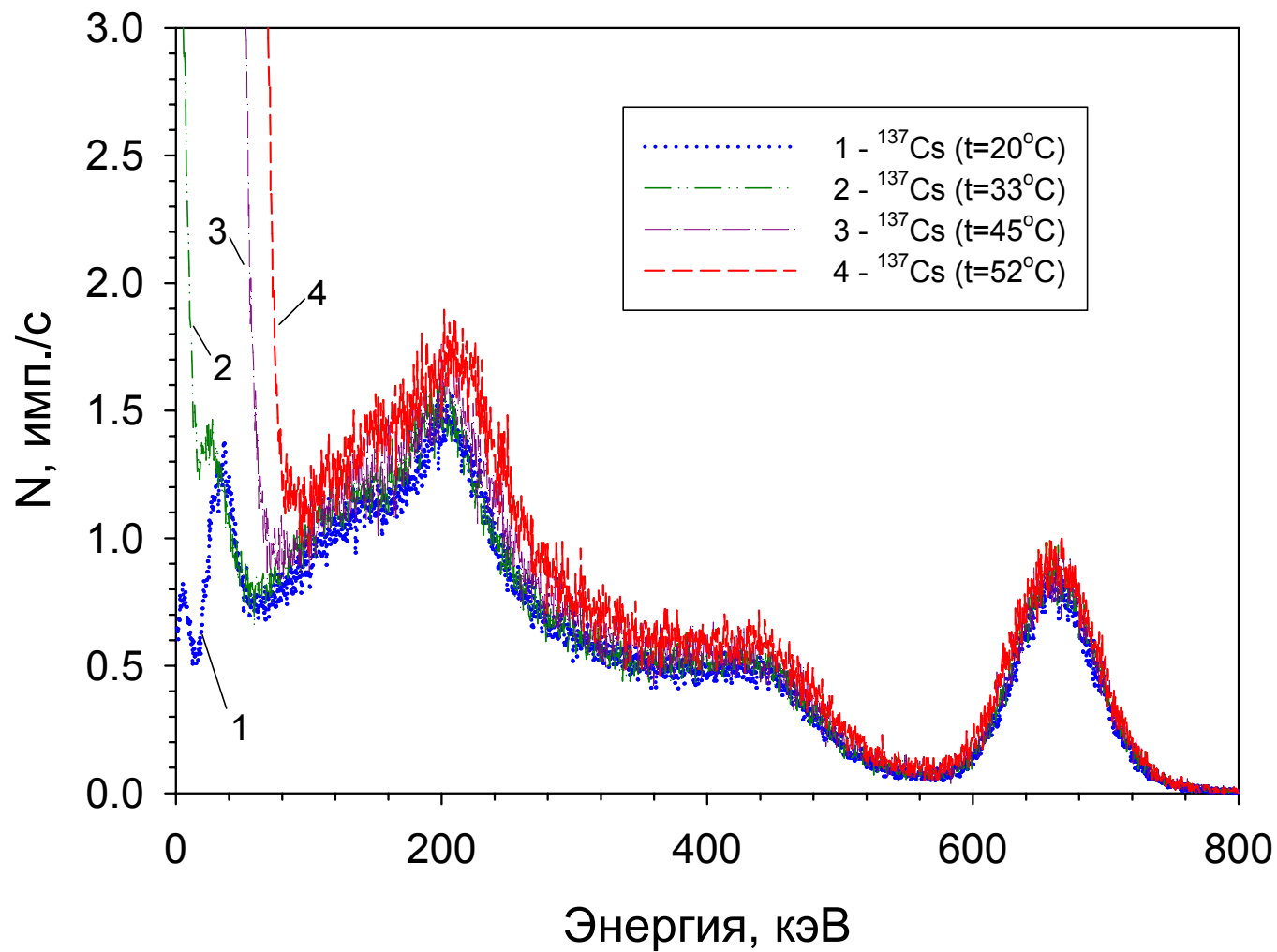


- Детектор CsI(Tl)+SSPM, CsI(Tl)-Ø2x5мм
- SSPM– 0701BG (576пикселей)

Спектры излучения ^{137}Cs , полученные в радиационных полях с МЭД - 0,38 Р/ч (3,6мЗв/ч)(1) и 26,6 Р/ч (0,25Зв/ч) (2)

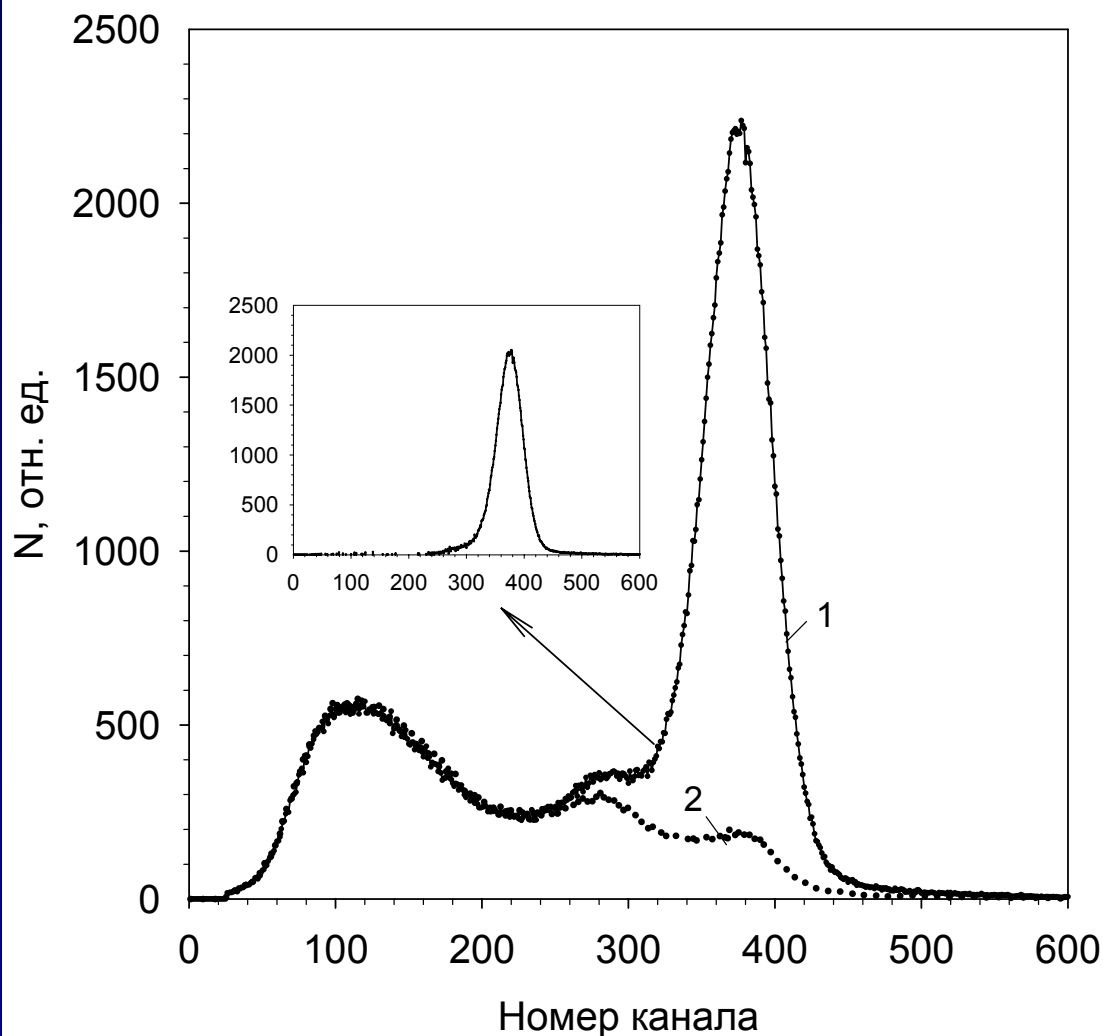


- Детектор CsI(Tl)+SSPM, CsI(Tl)-Ø2x4мм
- SSPM— 0701BG (576пикселей)



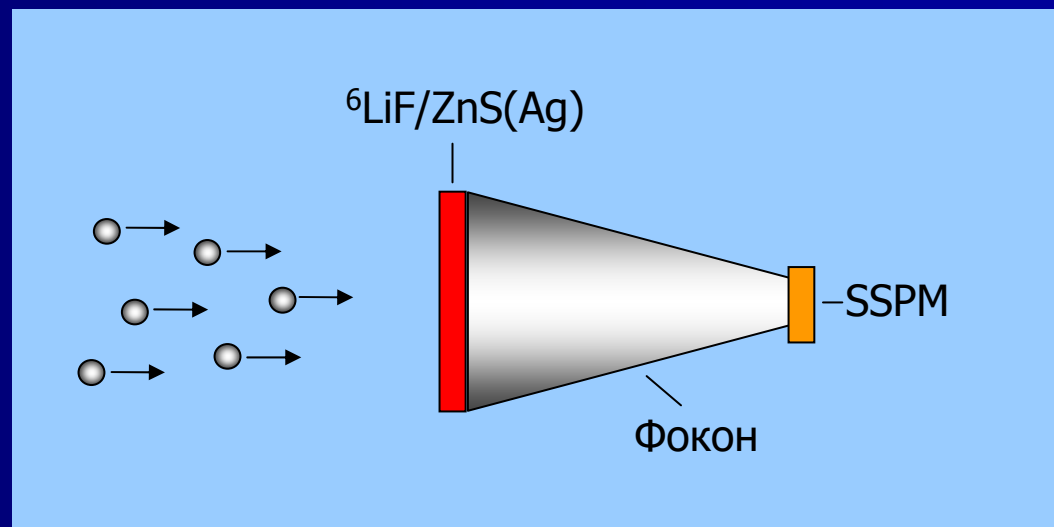
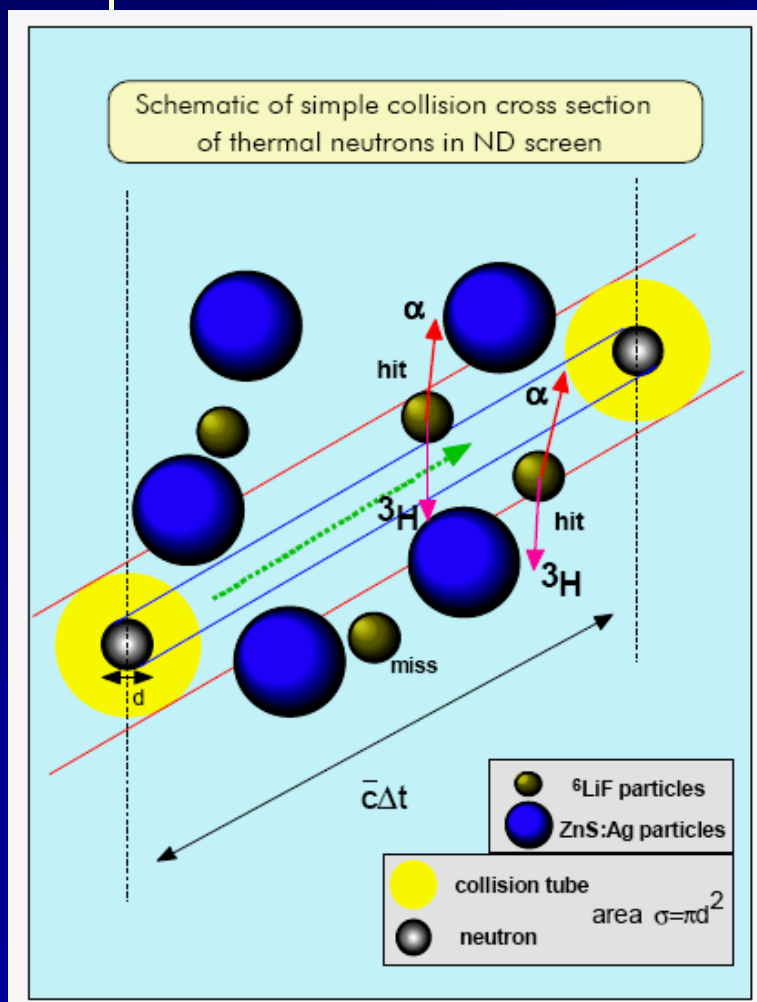
- Характер изменения спектров излучения ^{137}Cs в температурном диапазоне $(20\div 52)^\circ\text{C}$ ($V_{\text{CsI}} \sim 1 \text{ cm}^3$)

Амплитудный спектр детектора LiI(Eu) +SSPM

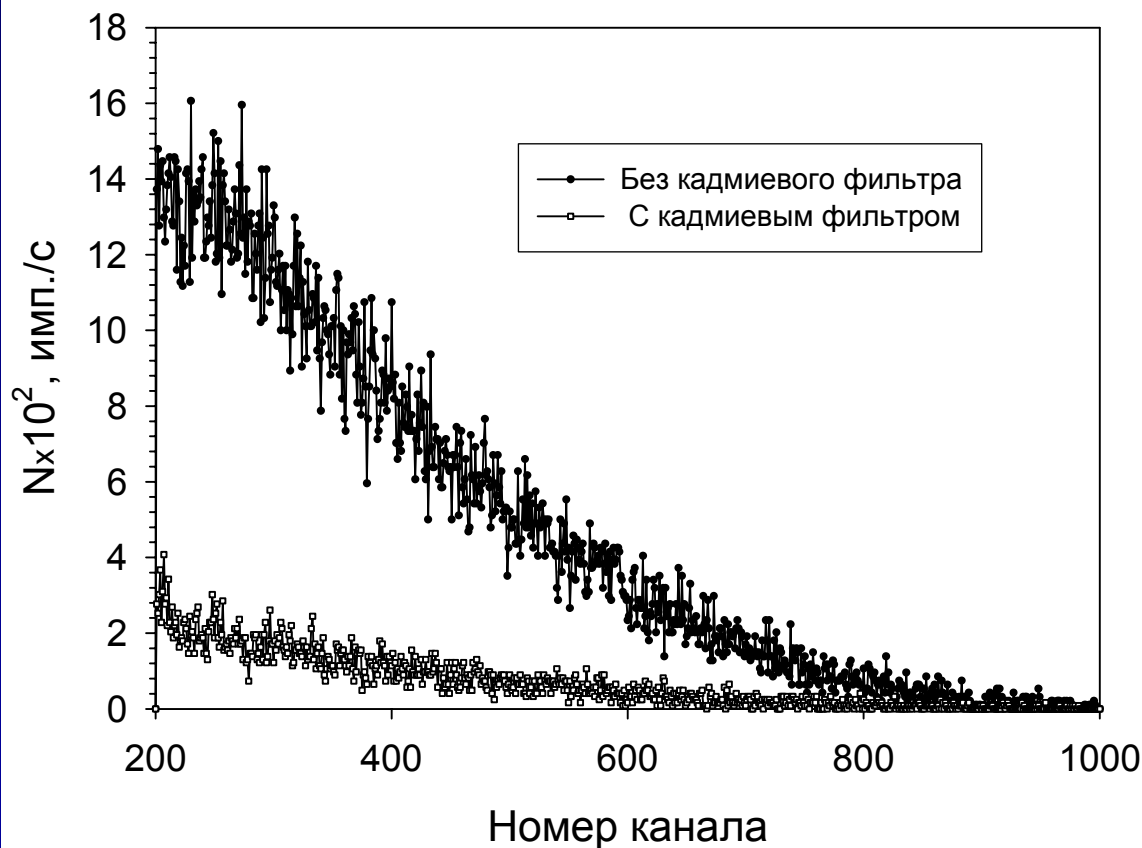


- Кристалл LiI(Eu) $\varnothing 13 \times 13 \text{ мм} + \text{SSPM}$ 0611B4mm
- Эффективность 65%
- Источник нейтронов PuBe – ИБН-25
- Энергетическое разрешение $\sim 14,5\%$
- Кадмиевое отношение - 4,5
- Содержание ^6Li – 7,56%

Детекторы на основе сцинтилляционных экранов ${}^6\text{LiF}/\text{ZnS}(\text{Ag}) + \text{SSPM}$

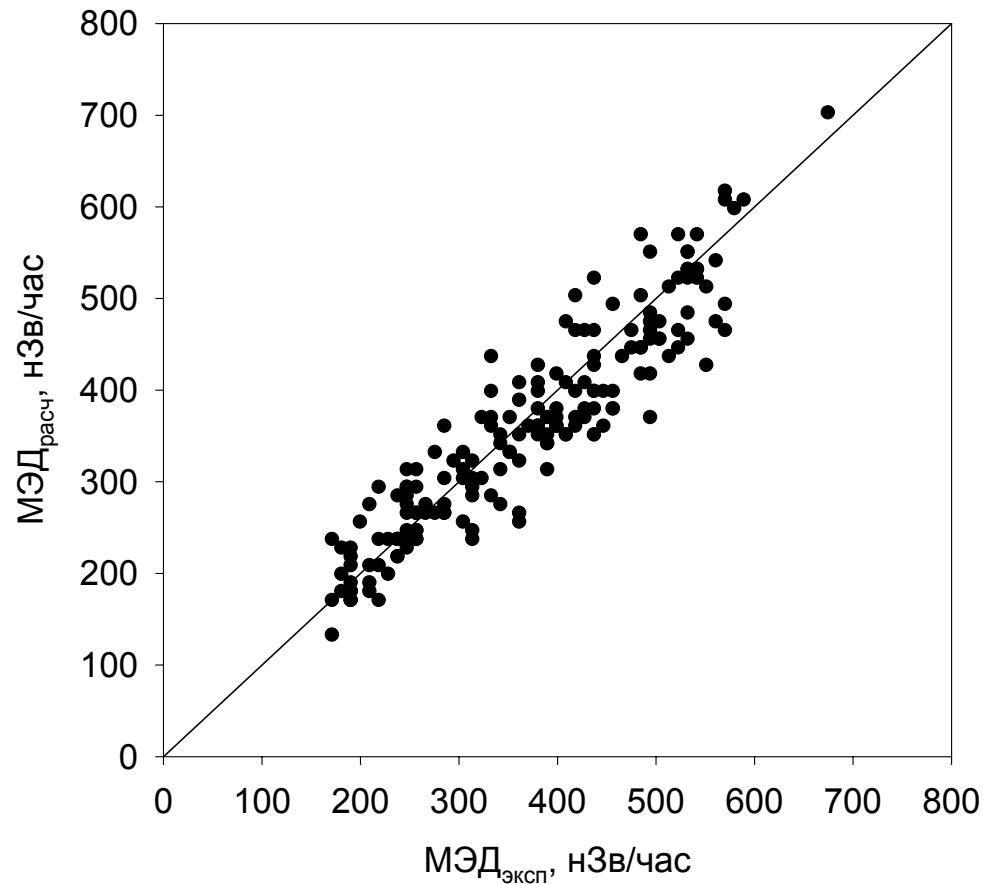


Амплитудное распределение сигнала детектора ${}^6\text{LiF/ZnS(Ag)} + \text{SSPM}$

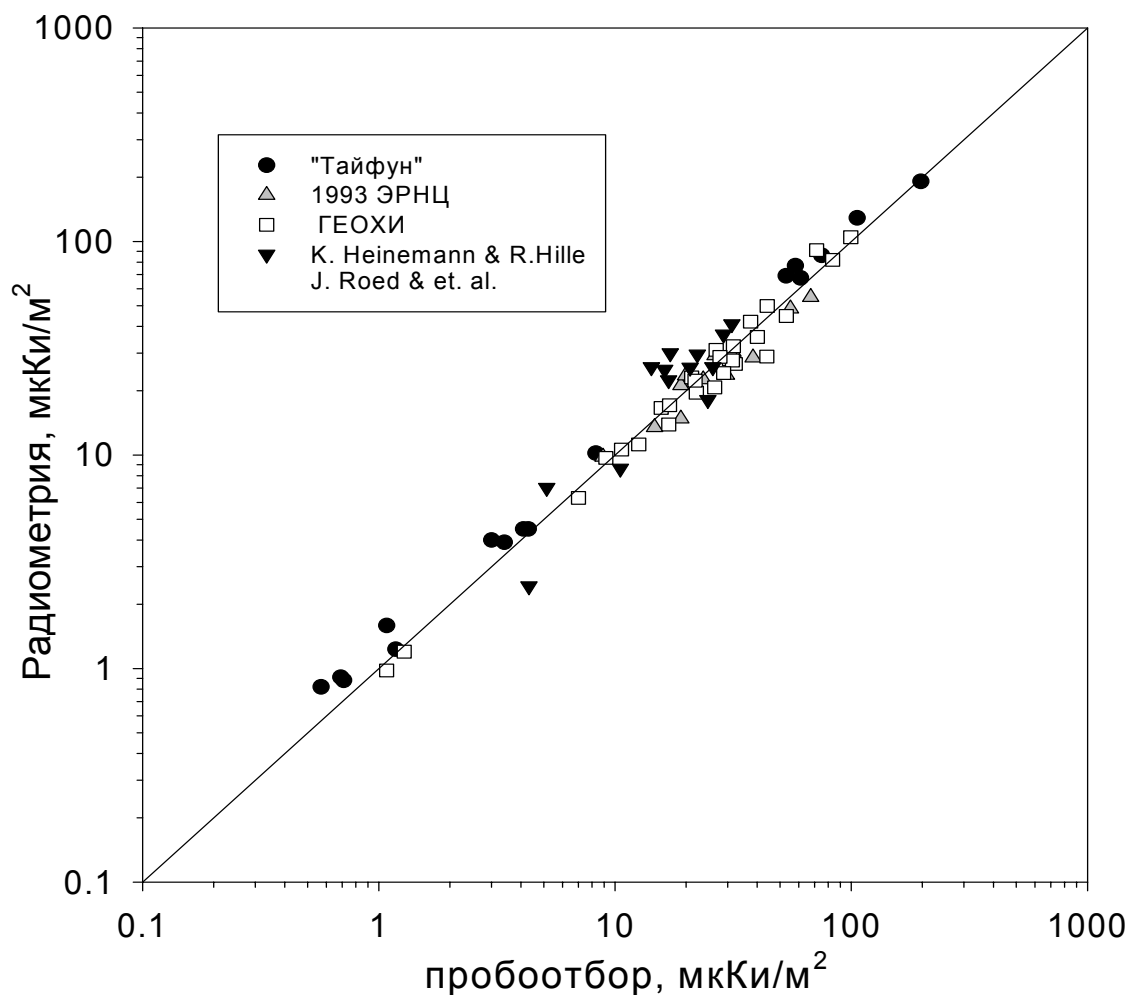


- Размер экрана $\varnothing 10 \times 0,42$ мм
- Эффективность $\sim 13\%$
- Источник нейтронов RuBe – ИБН-25
- Кадмиевое отношение – 7,0
- Фокон – 25:1
- SSPM_0611B4mm

Сравнение рассчитанных и измеренных значений МЭД

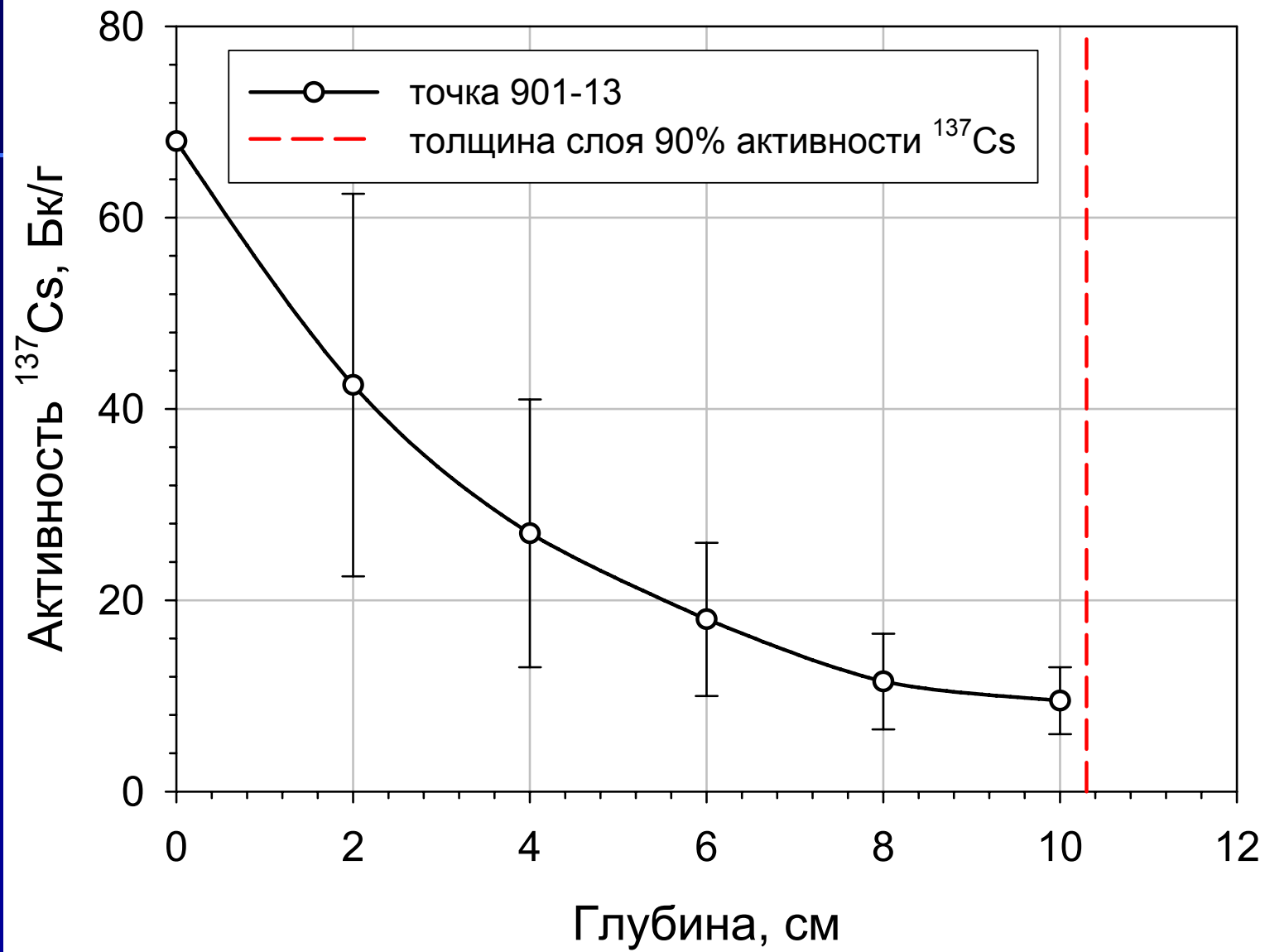


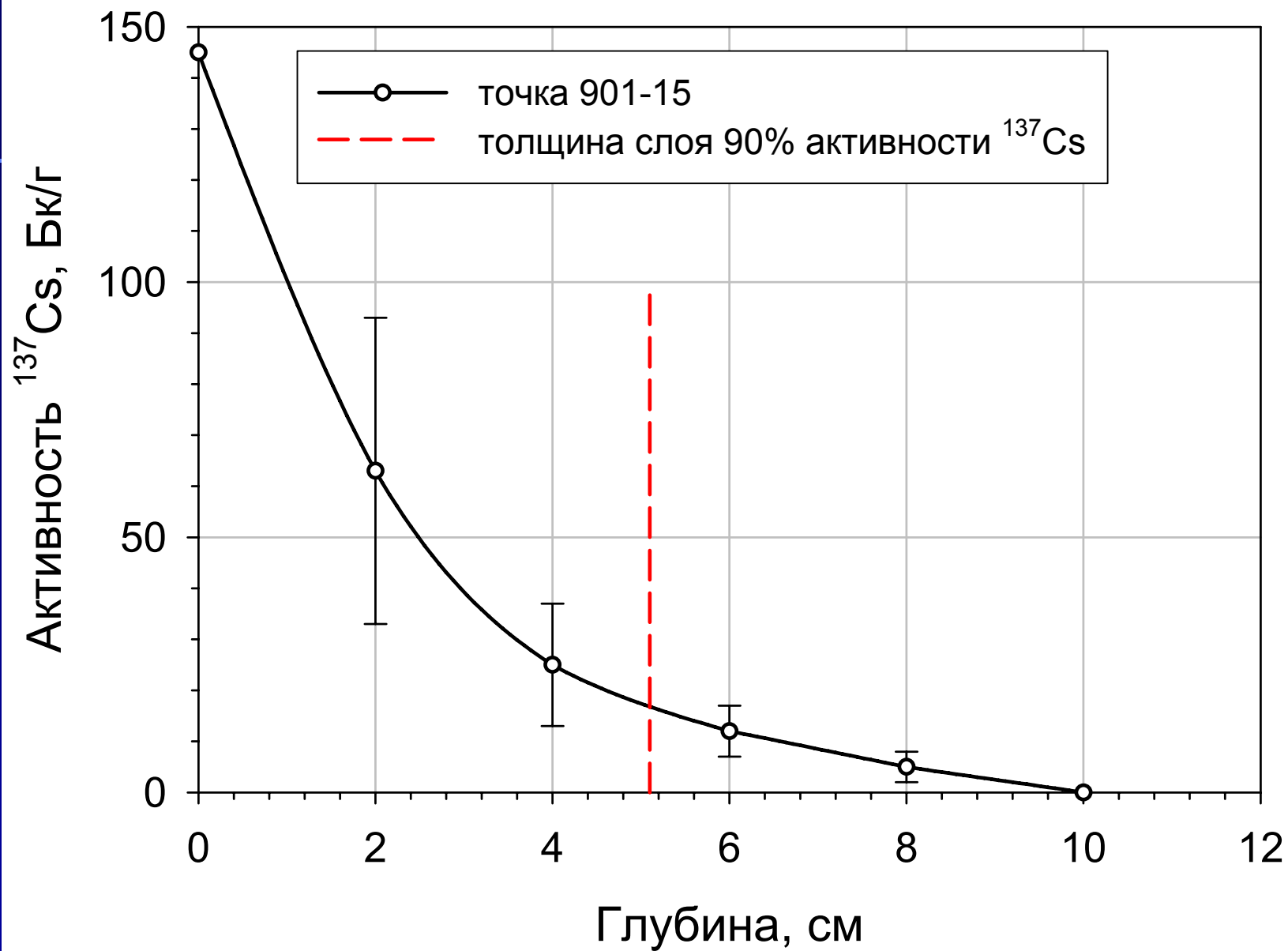
Сравнение результатов измерений радиометром Корад и методом пробоотбора

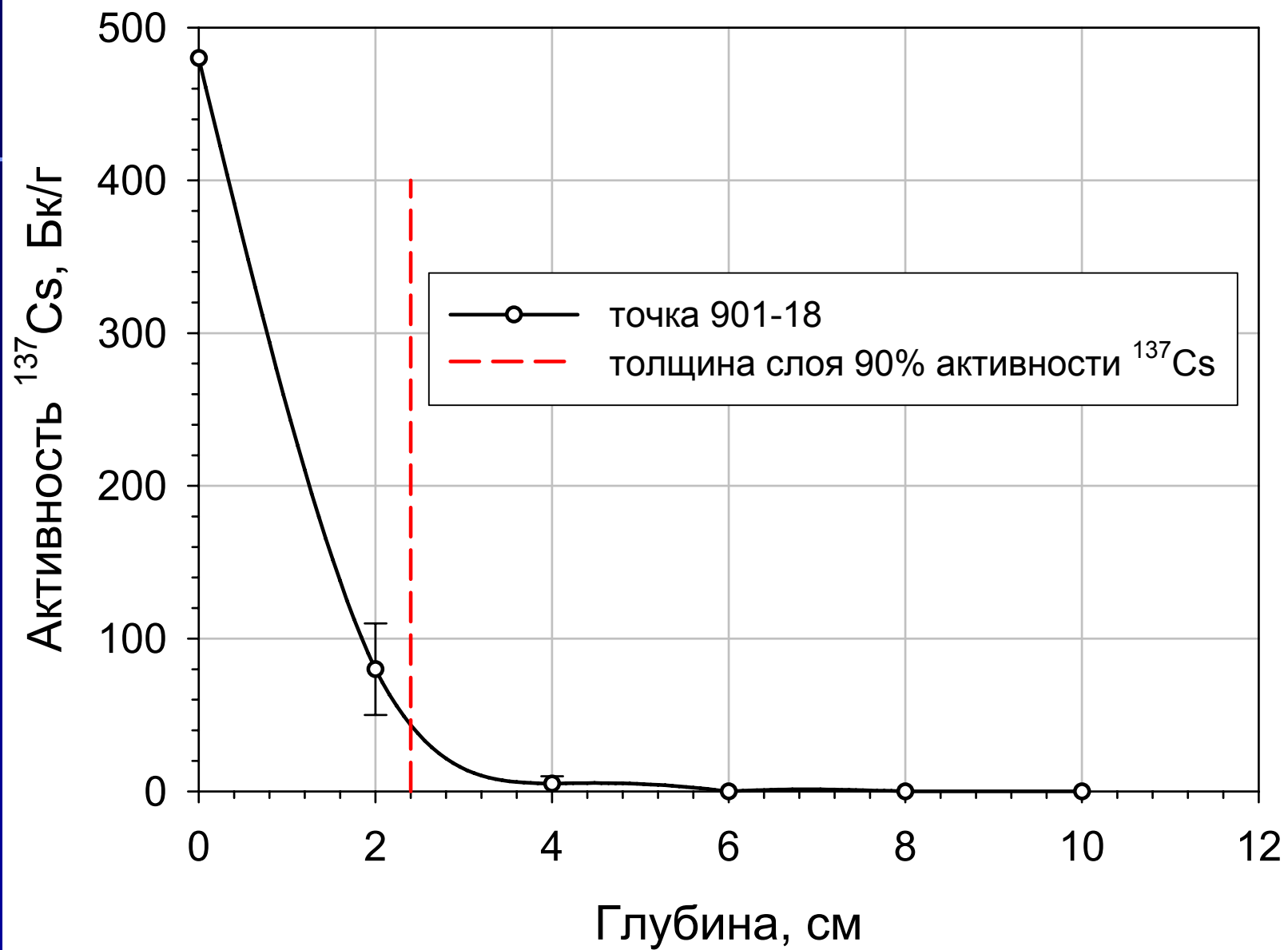


Восстановленные и измеренные значения МЭД (мкР/час) на фронтальной стороне здания гаража (Н – высота точки измерения над уровнем земли, S — расстояние от угла здания

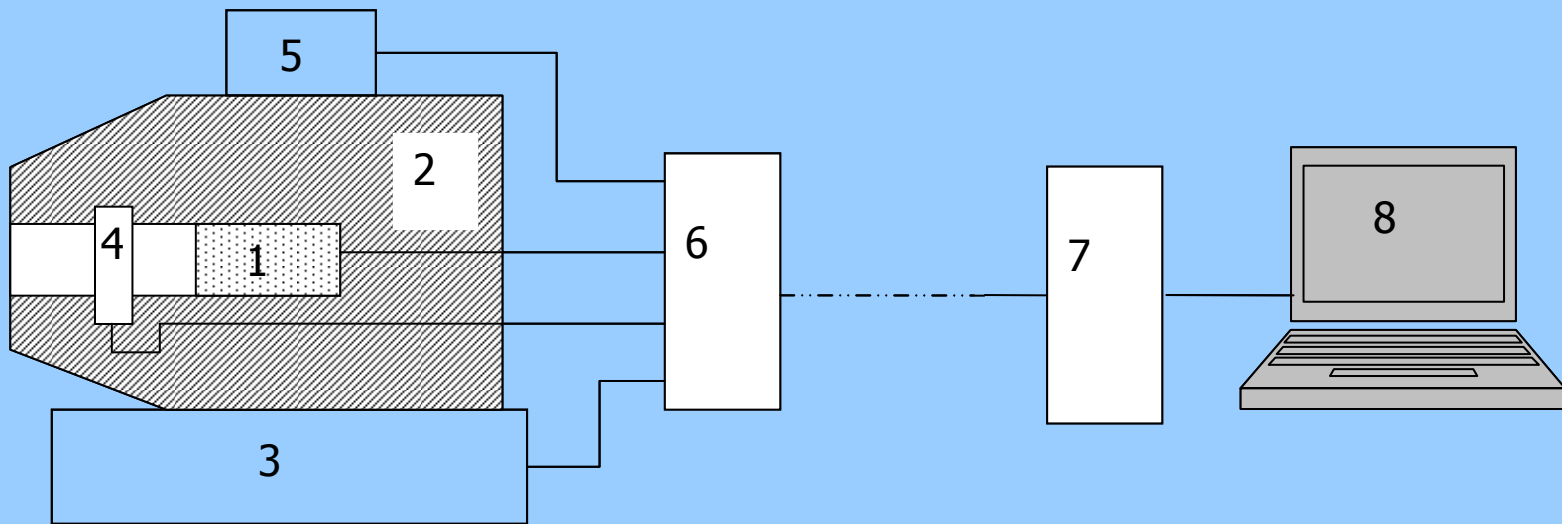
Н,м	Расчет	Измерение	Расчет	Измерение	Расчет	Измерение	Расчет	Измерение
25	68,6	68	63,2	56	46,1	42	33,7	33
10	46,6	50	43,2	40	33,6	36	24,8	22
5	33,8	-	31,9	31	26,5	25	18,5	20
1	24,8	17	23,9	20	21,3	18	17,4	15
S,м	1		2 0		4 0		6 0	



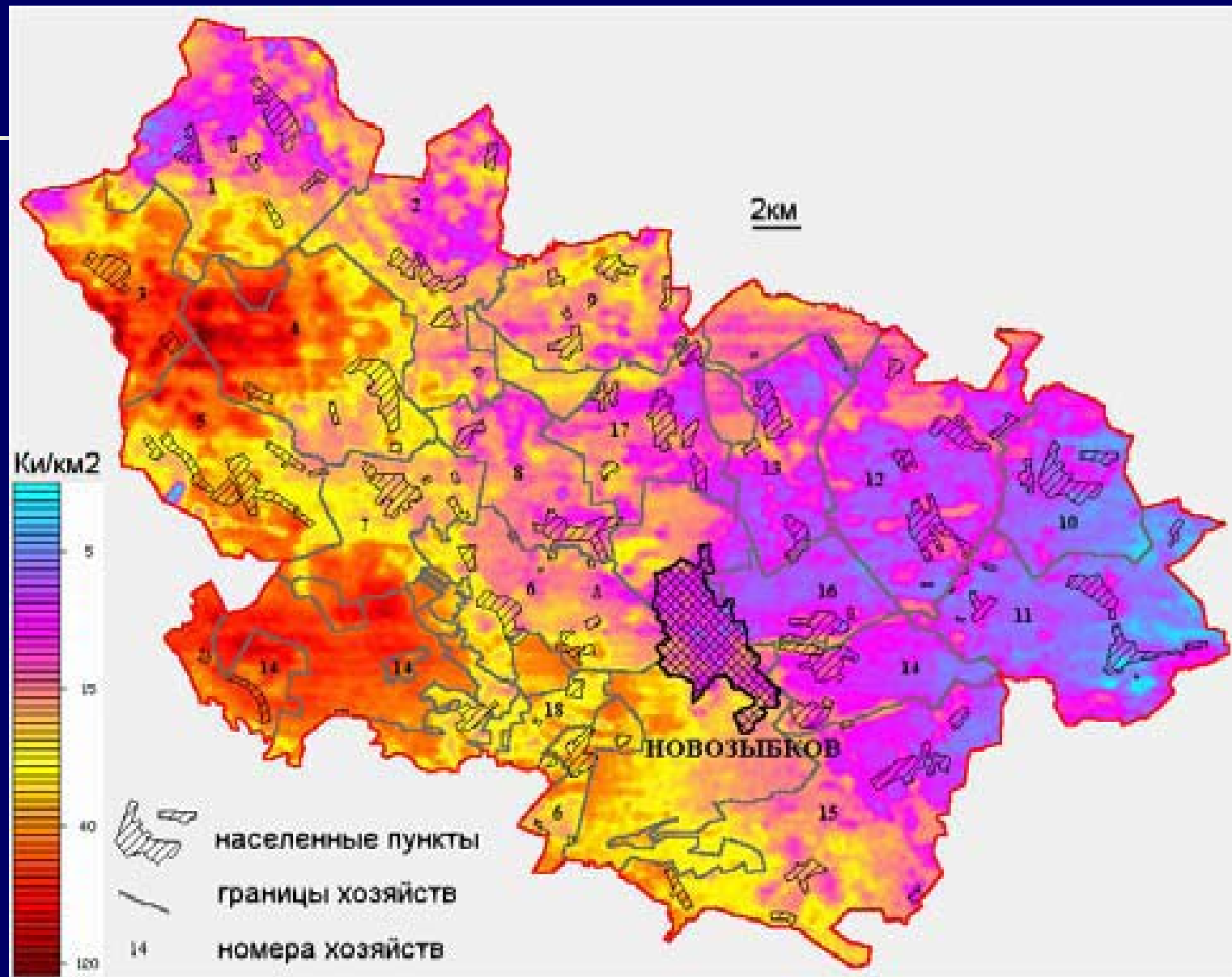




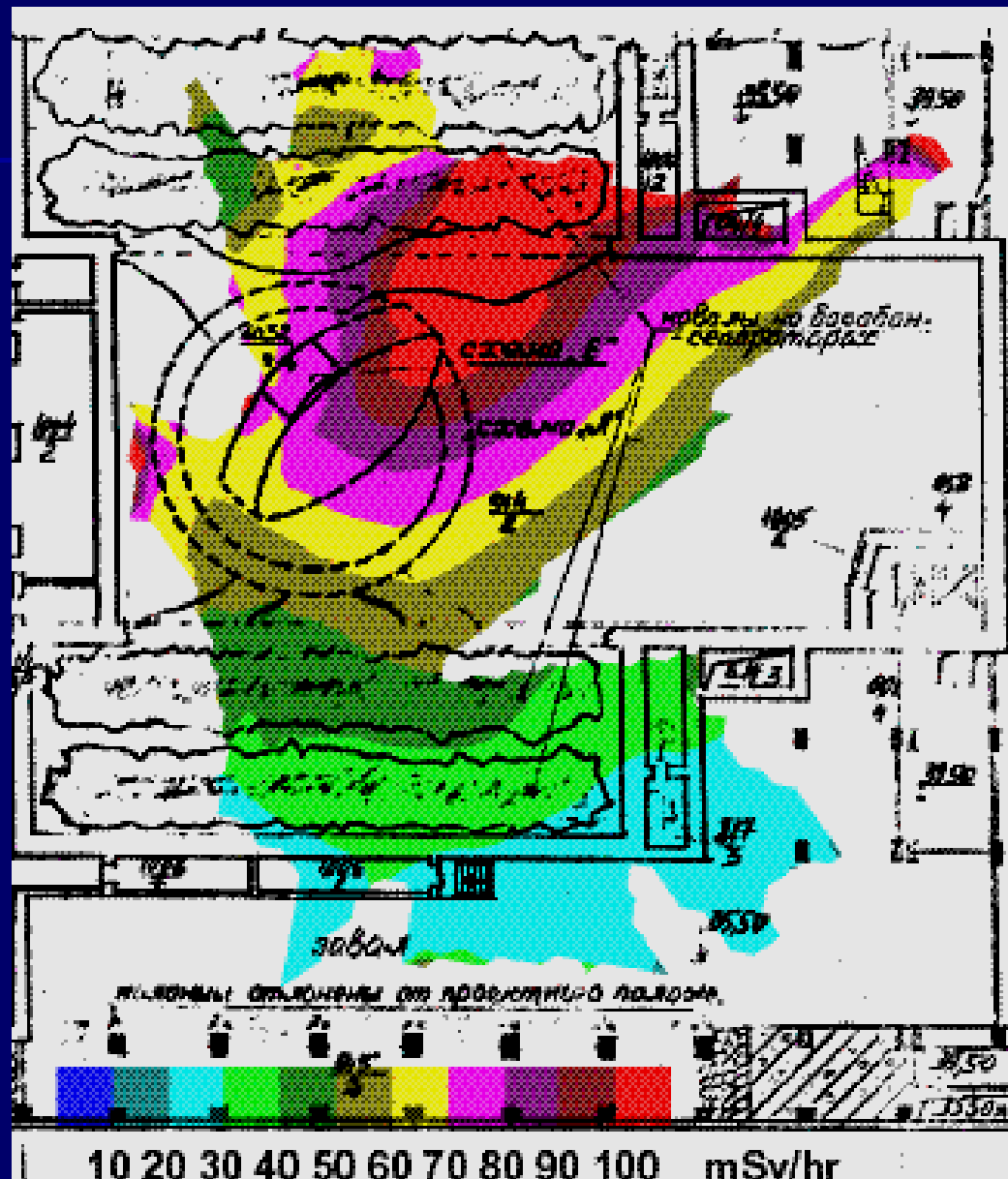
Система дистанционных измерений радиоактивных загрязнений— гамма-локатор



Новозыбковский район Брянской области



Центральный (реакторный) зал IV блока ЧАЭС



Распределение уд. активности Sr-90 в хранилище №6 (площадка ВХРАО)

