Локализация точечных источников гамма-излучения методом хи-квадрат с использованием сцинтилляционного детектора

Р. В. Лукашевич
УП «АТОМТЕХ» г. Минск, Республика Беларусь

III международная конференция
"Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии" (ИСМАРТ-2012),
19 - 23 ноября 2012 года
г. Дубна, Россия.

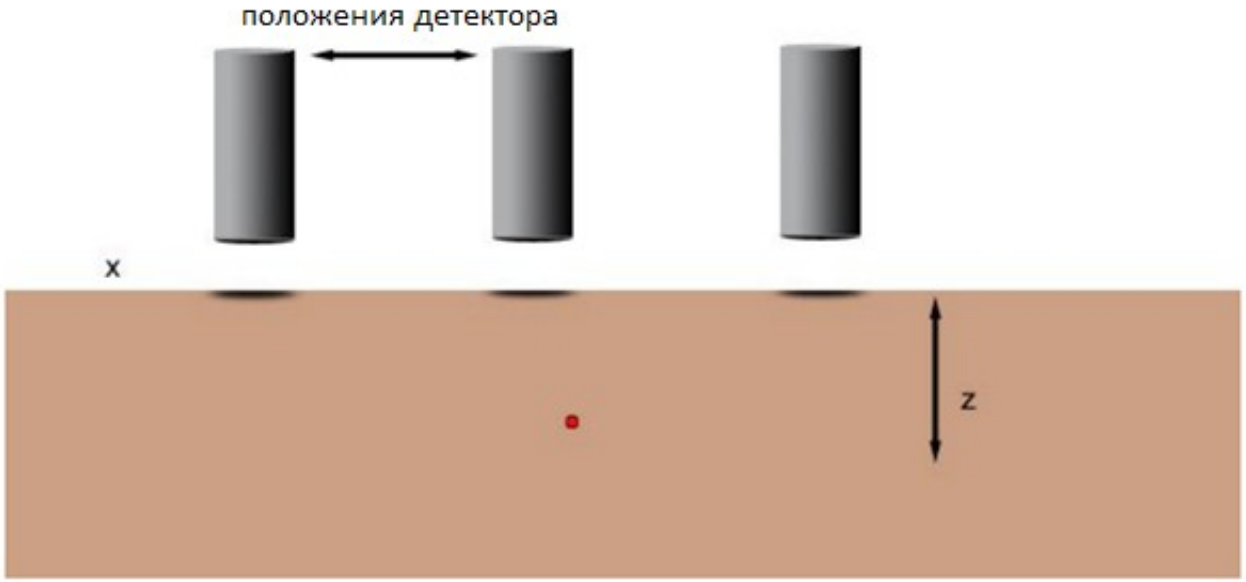
Задача и метод

Задача:

- Определение исходного положения точечного источника гамма-излучения и его активность при использовании сцинтилляционного детектора

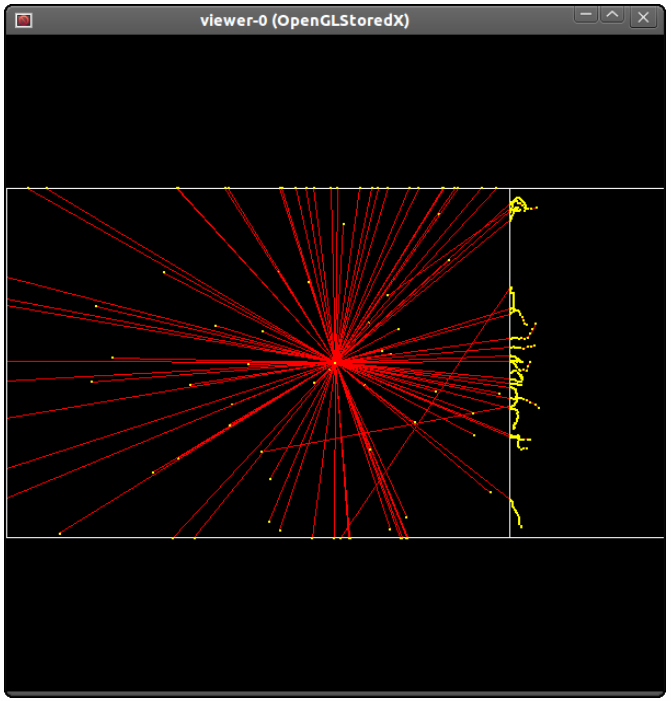
Метод:

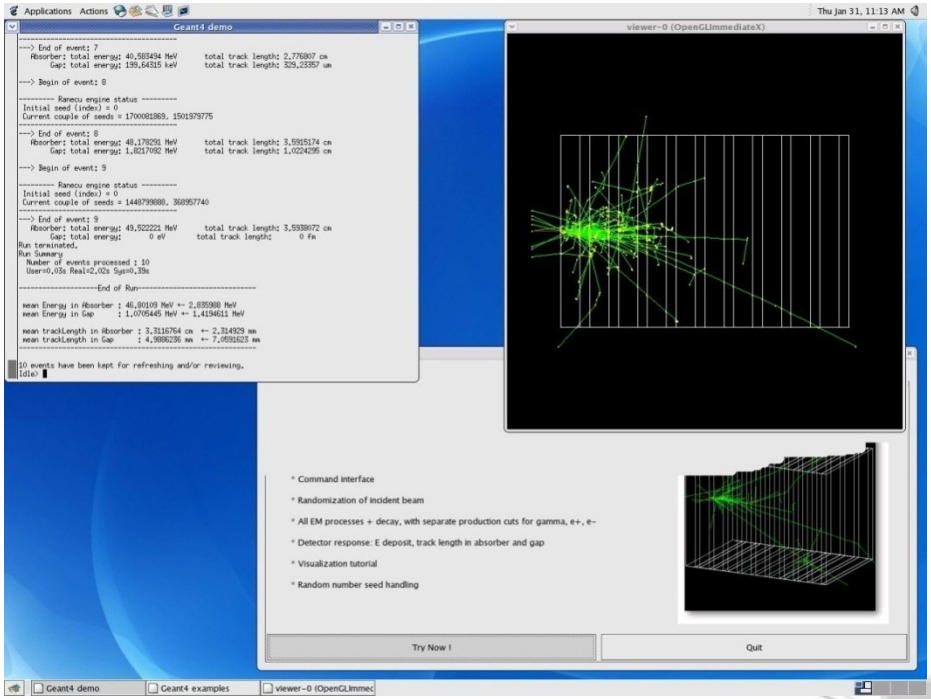
❖ Проведение нескольких моделируемых статических измерений с равными интервалами на постоянной высоте от поверхности почвы, в которой расположен точечный источник гамма-излучения



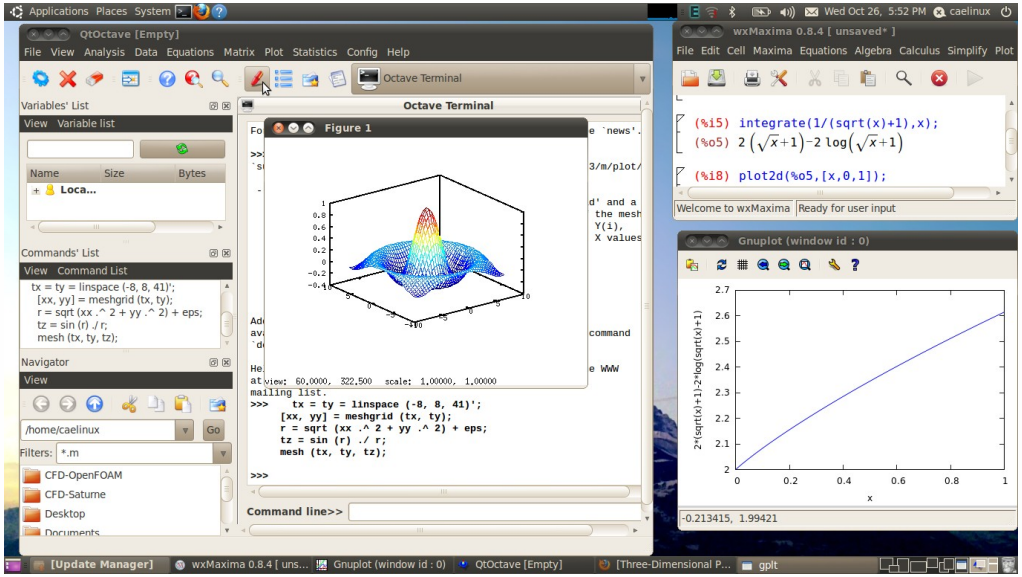
GEANT4

❖***GEANT4*** (**GE**ometry **AN**d **T**racking) — программа для моделирования прохождения элементарных частиц через вещество с использованием методов Монте-Карло. Разработана в *CERN* на объектно-ориентированном языке программирования *C++*.





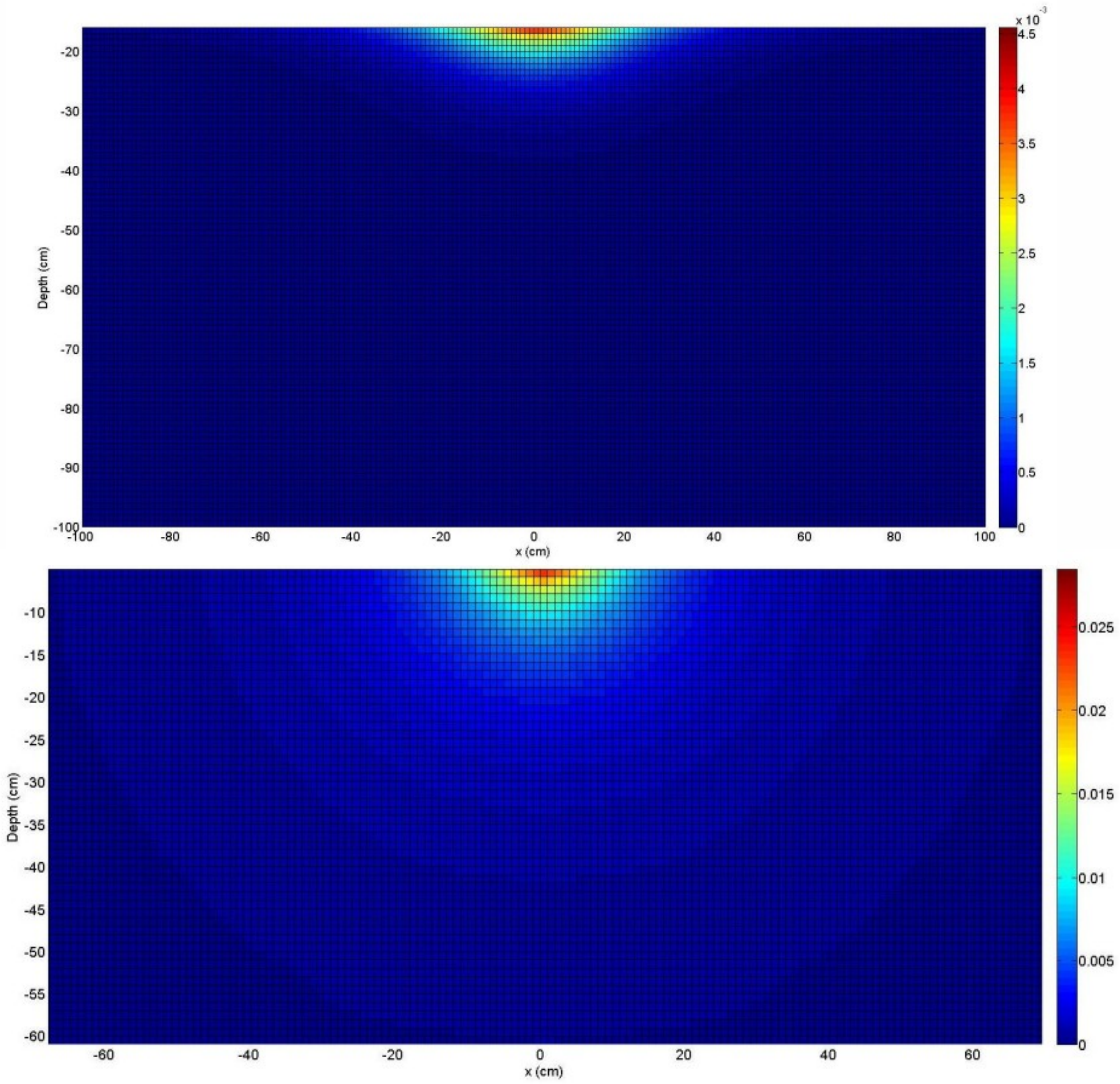
QtOctave



Qt интерфейс к популярной программе для математических расчетов ***Octave***, аналога ***Matlab***, в среде ***Linux***.

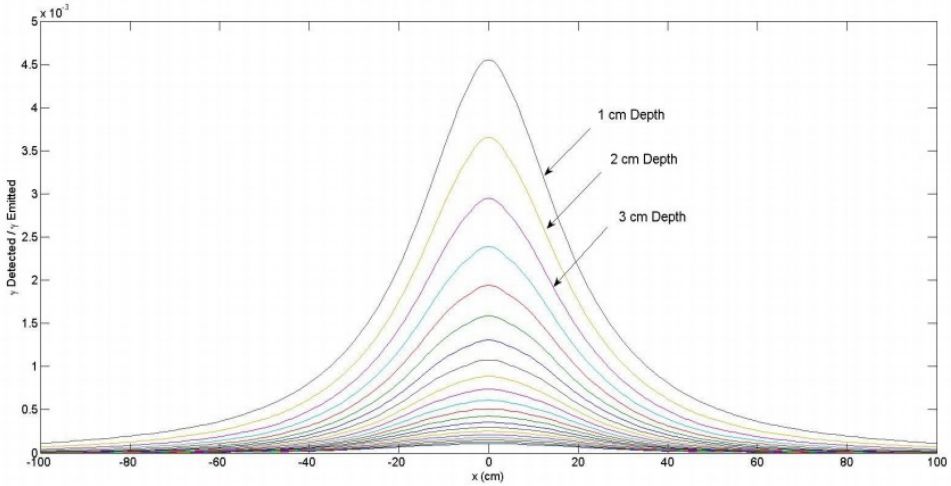
GNU Octave — высокоуровневый интерпретируемый язык для научных расчётов. Встроенные библиотеки и компоненты позволяют проводить операции с матрицами и полиномами, численное дифференцирование и интегрирование, оптимизацию, статистические расчёты, обработку сигналов, строить *2D* и *3D* графики и другое.

Моделирование в GEANT4



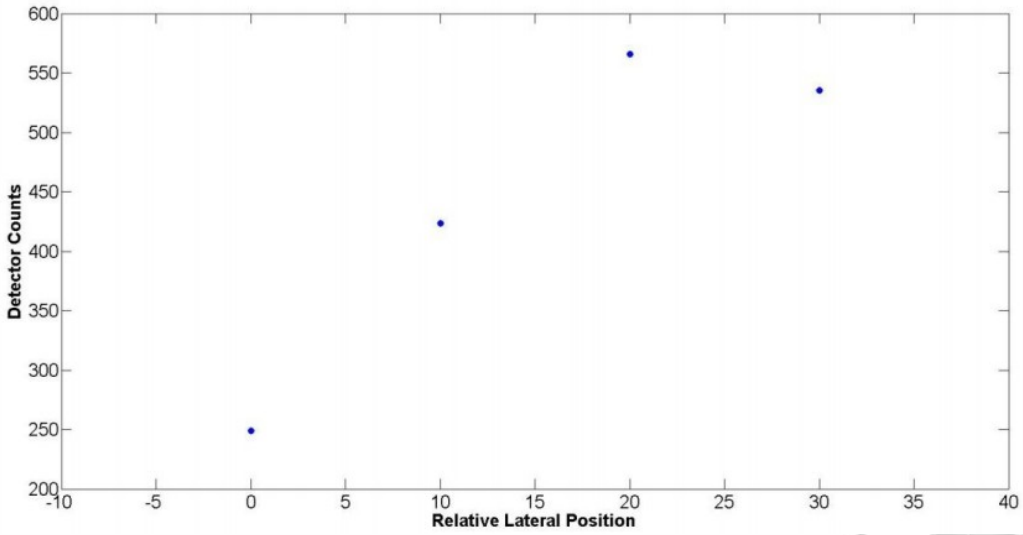
Моделированная эффективность регистрации детектором источника ^{137}Cs в почве и воздухе

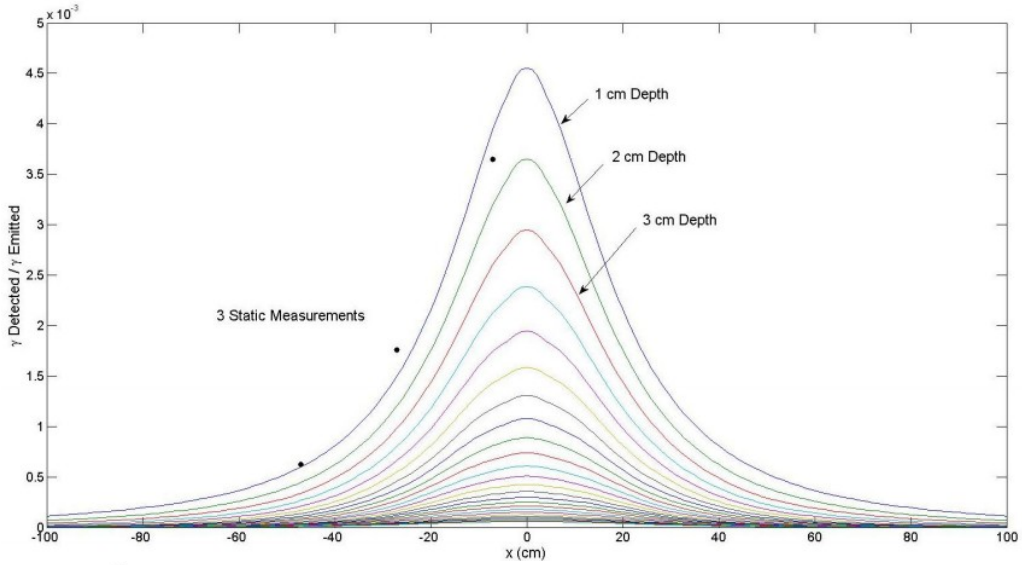
❖Моделирование сцинтилляционного детектора NaI(Tl) Ø63x63 мм на фиксированной высоте над средой, с источником на разной глубине (z) и боковом смещении (x), для определения его эффективности регистрации.

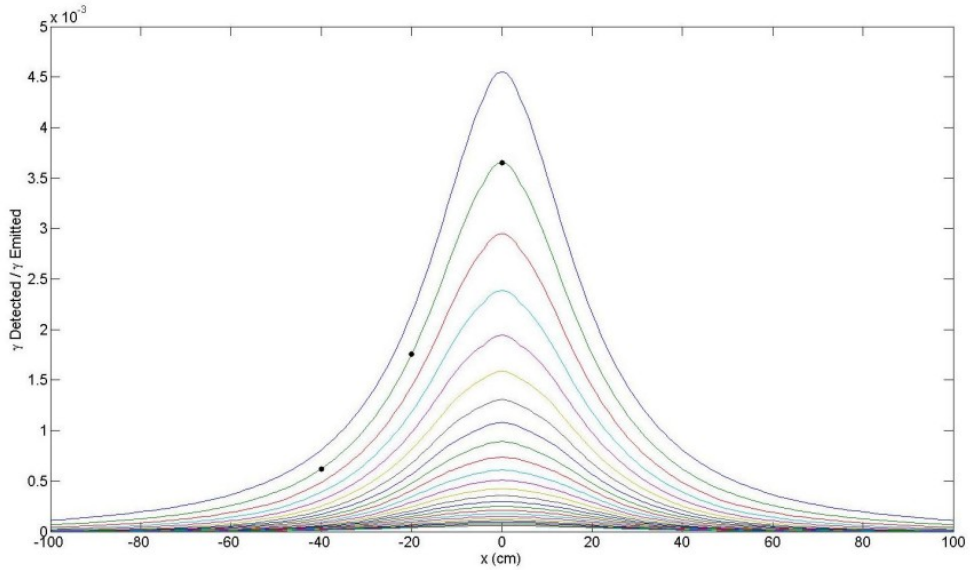


Результат моделирования эффективности регистрации детектора источника ^{137}Cs в почве для различных глубин

Отклики четырех измерений, полученные с шагом 10 см, от источника ^{137}Cs (x = 23)







Пример сравнения данных измерений и данных моделирования:

- на глубине 1 см

- на глубине 2 см.

Критерий хи-квадрат

Критерий хи-квадрат- статистический критерий для проверки гипотезы, что наблюдаемая случайная величина подчиняется некому теоретическому закону распределения

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

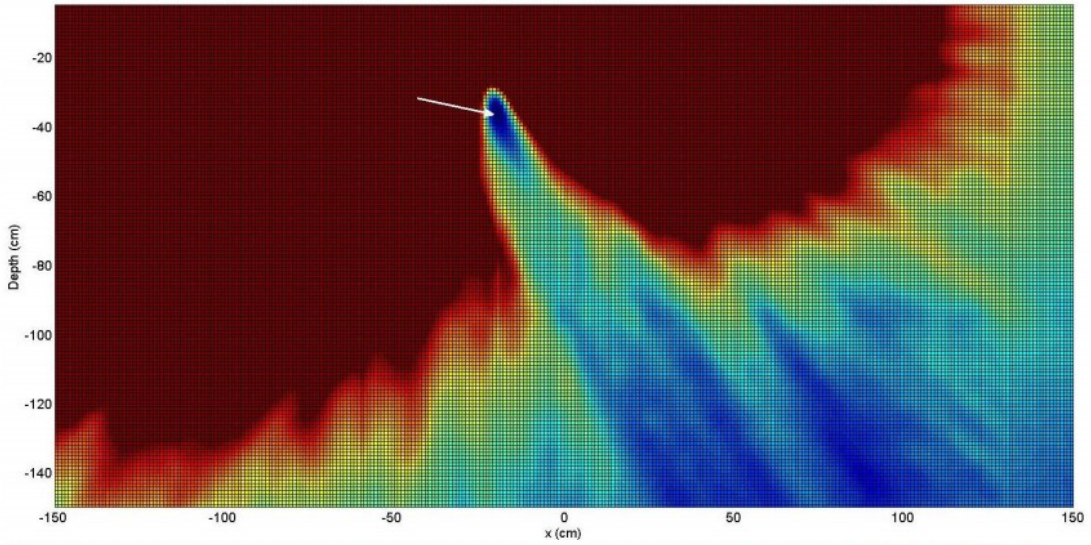
где O и E — наблюдаемые и ожидаемые значения.

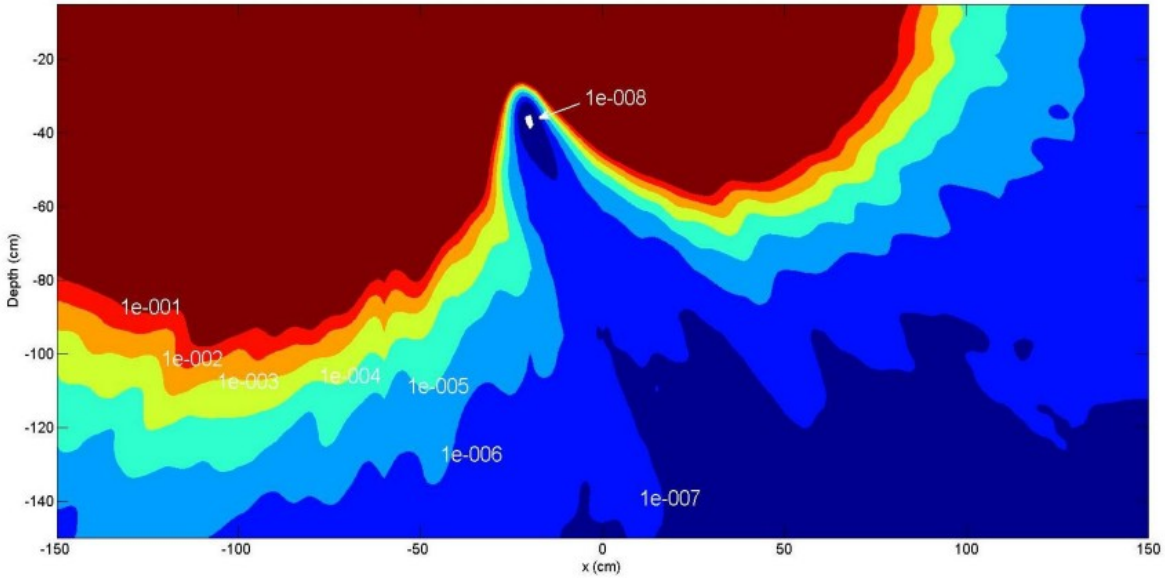
Масштабирование наблюдаемых измеренных значений:

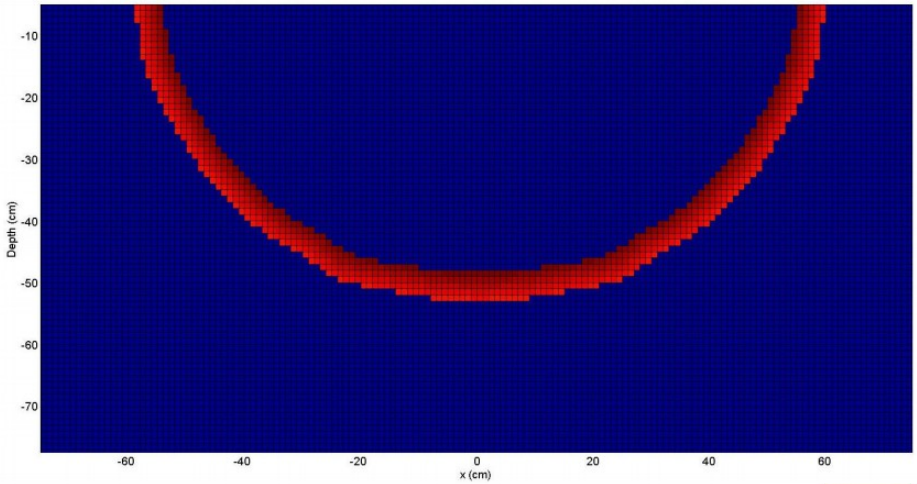
$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(AO_i - E_i)^2}{E_i}$$

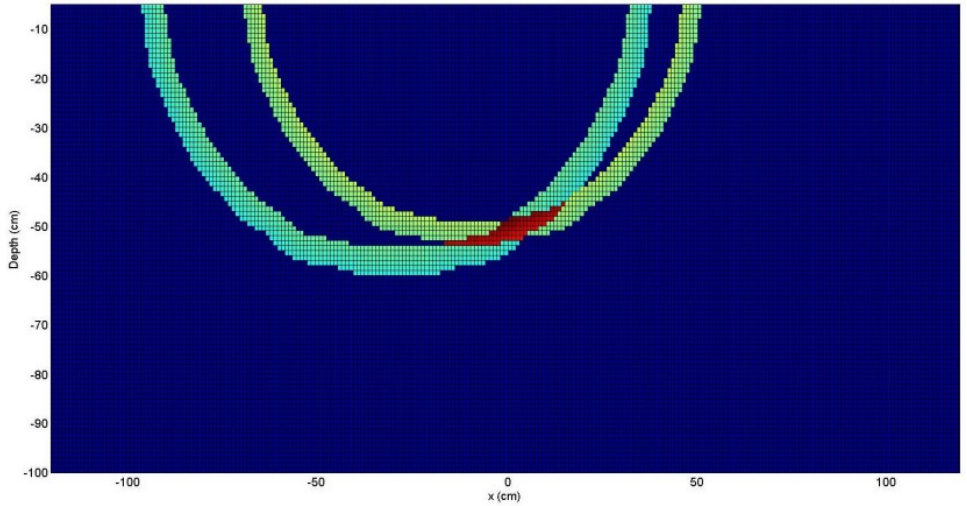
Определение местоположения

Минимальное значение хи-квадрат является местоположением источника

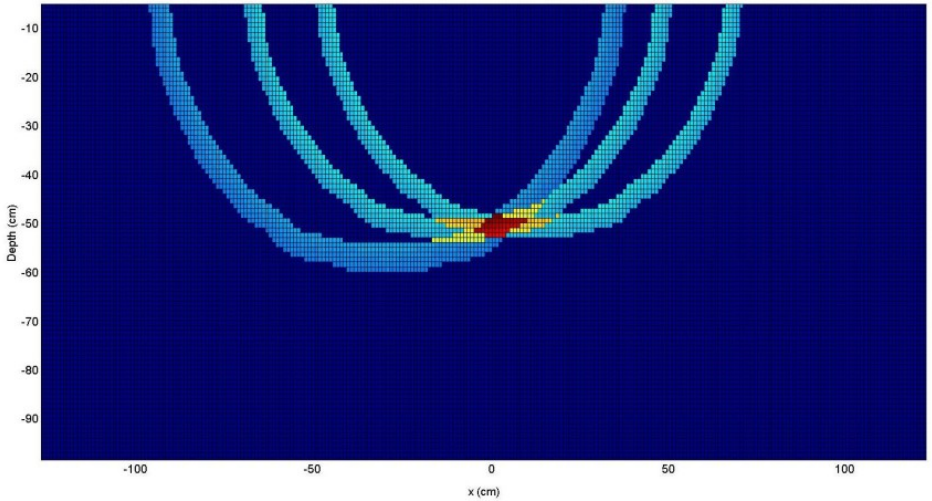






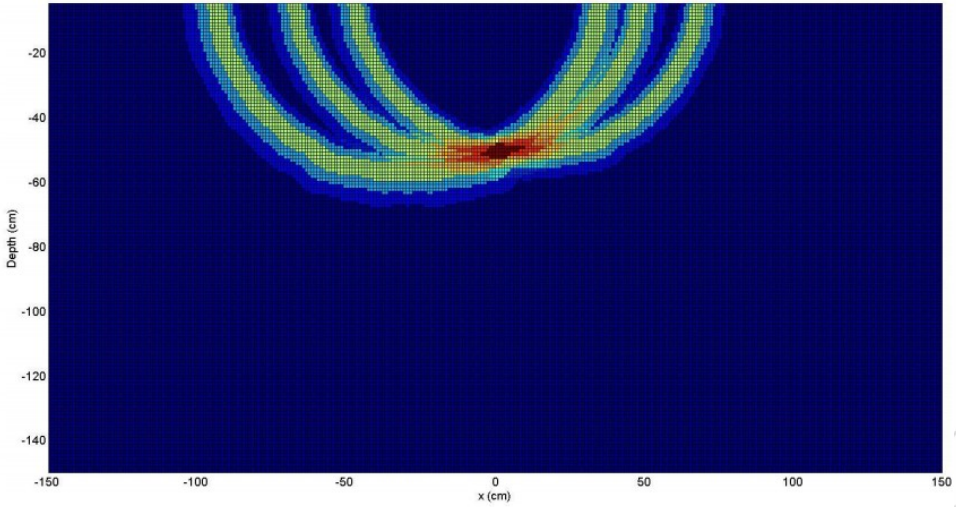


доверительный интервал в ± 1 стандартное отклонение для моделированного источника Cs-137 в воздухе (1 и 2 измерения)



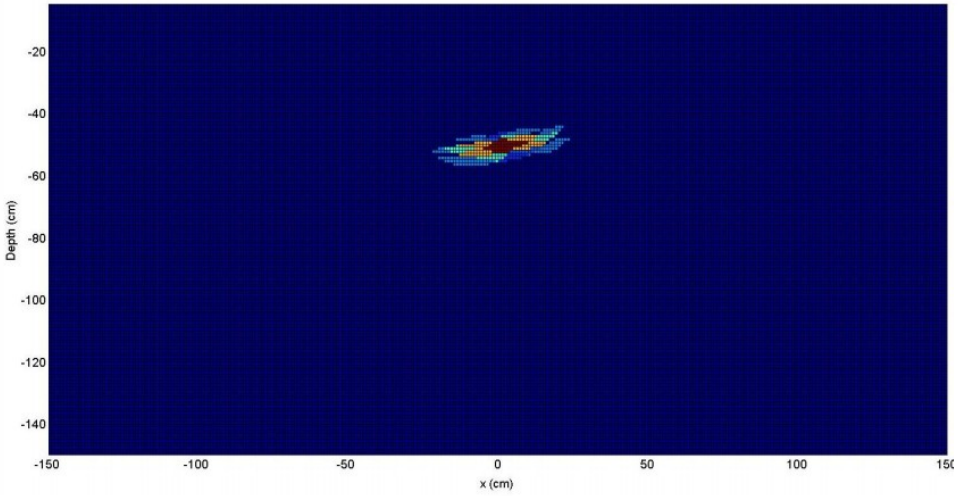
Доверительный интервал в ± 1 стандартное отклонение для моделированного источника Cs-137 в воздухе (3 измерения)

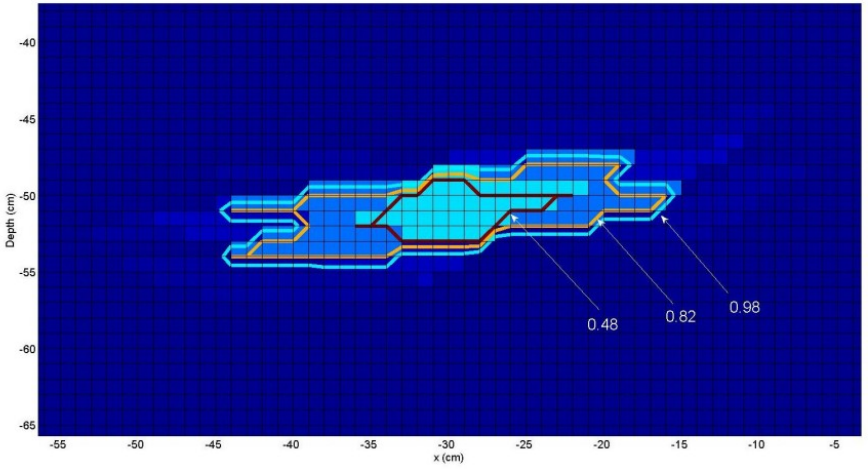
Доверительный интервал в ±3 стандартных отклонения для моделированного источника Cs-137 в воздухе (3 измерения)



Объединенная вероятность в случае трех измерений детектора

$$P = P(Interval\ 1) \cap P(Interval\ 2) \cap P(Interval\ 3)$$

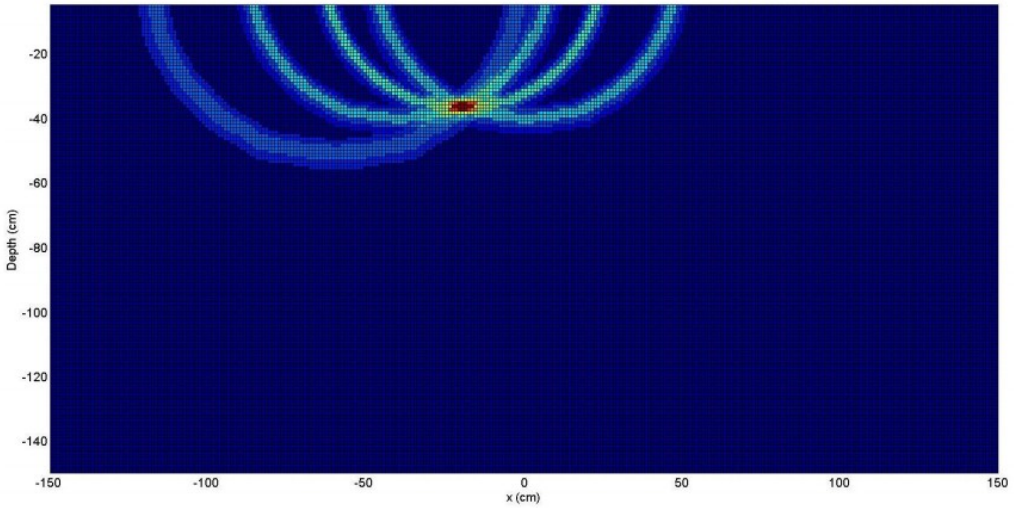




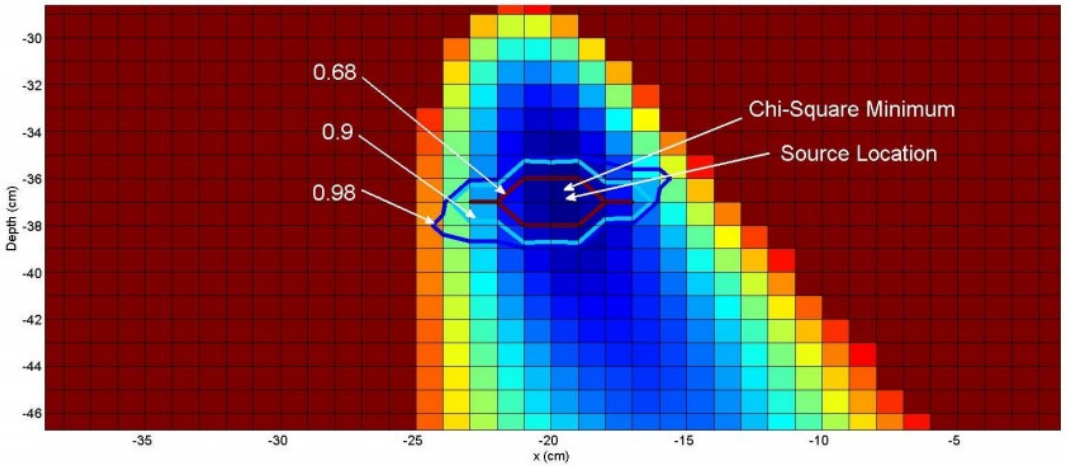
Перекрытие доверительных интервалов и вероятности обнаружения источника для моделируемых показаний детектора

Эксперимент № 1

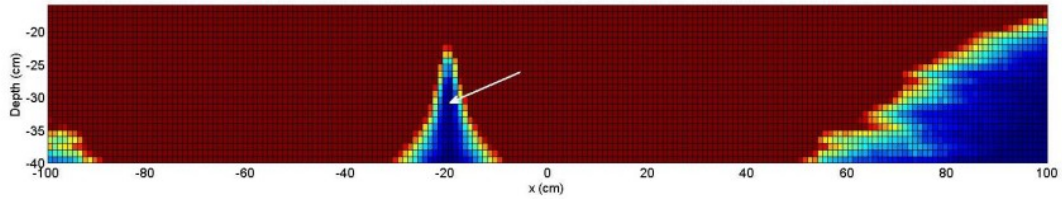
Моделирование контуров для источника ^{137}Cs в воздухе с использованием 4 измерений.

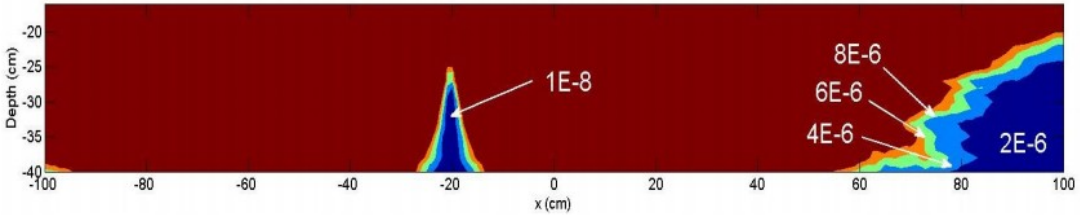


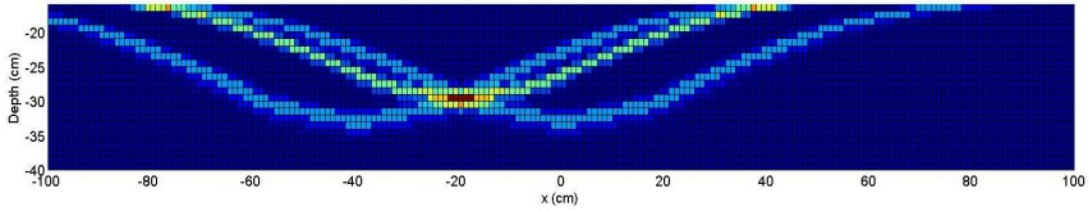
Контуры локализации ^{137}Cs в воздухе, полученные при помощи 4 моделируемых измерений.
Минимум хи-квадрат (x,y)=(-20,-37)
и положение источника (x,y)=(-20,-37).



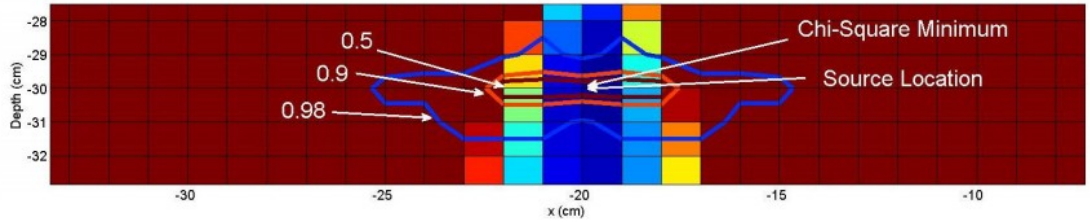
Эксперимент №2







Результаты применения хи-квадрат для источника ^{22}Na в почве при использовании 3 измерений.



Минимум хи-квадрат и фактическое исходное местоположение источника

Выводы

Предложен метод определения местоположения точечного источника гамма-излучения и его активности в некой среде при проведении серии измерений сцинтилляционным детектором.

Моделирование источника ^{137}Cs в воздухе активностью 232.18 кБк (10 миллионов фотонов): применение метода хи-квадрат (4 измерения) дало активность 232.32 кБк, отклонение результатов составило 0.06%.

Моделирование источника ^{22}Na в почве (на глубине 14 см, 30 см от торцевой поверхности детектора) активностью 142.8 кБк (10 миллионов фотонов): применение метода хи-квадрат (3 измерения) дало активность 143.15 кБк, отклонение результатов составило 0.2%.

Моделируемые эксперименты демонстрируют, что метод хи-квадрат приводит к хорошим результатам и для локализации и определения активности точечного источника гамма-излучения в среде.

К недостаткам метода необходимо отнести построение карты эффективности регистрации детектора для каждой из сред.

ATOMTEX®

Спасибо за внимание

220005, Республика Беларусь
г. Минск, ул. Гикало, 5
*тел./ факс: +375-17-**292-81-42, 288-29-88***

info@atomtex.com

www.atomtex.by