

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**  
**Контроль качества и надежность в**  
**томографии**  
**Лекция 1. Методы лучевой диагностики**

Казначеева Анна Олеговна, к.т.н., доц.  
a\_kazn@mail.ru

Санкт-Петербург, 2018

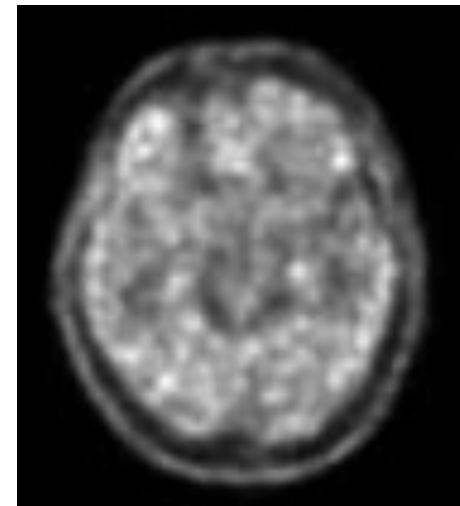
## Методы исследований



Компьютерная томография



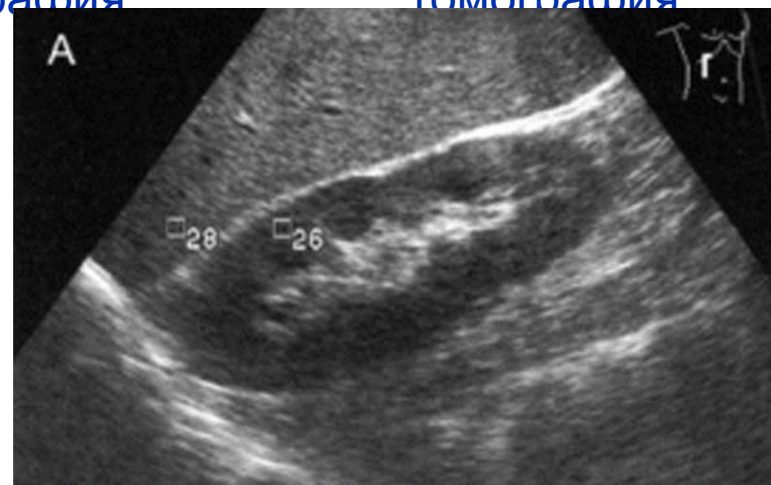
Магнитно-резонансная томография



Позитронно-эмиссионная томография



Рентген



УЗИ

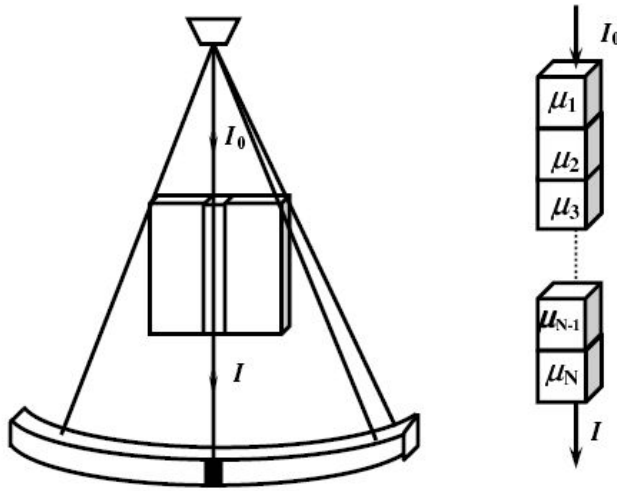


## Измеряемые физические величины

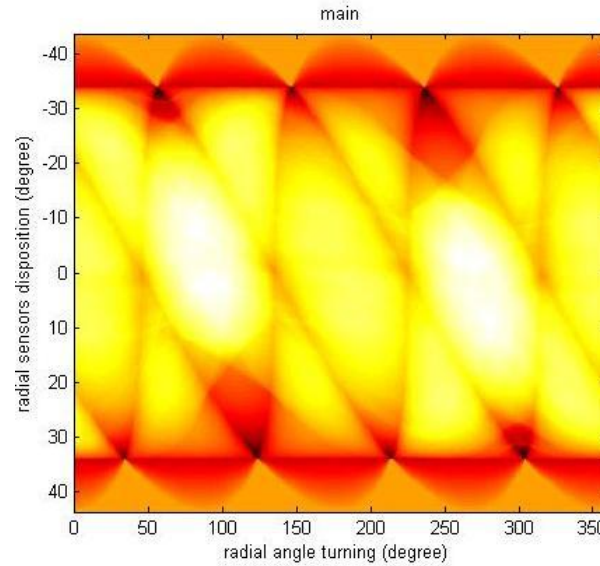
Физическая величина	КТ	МРТ	ПЭТ	Рентген	УЗИ
Объём	+	+	+/-	-	+/-
Длина	+	+	+/-	+/-	+
Угол	+	+	+/-	+	+/-
Плотность	+	+/-	+	+/-	+/-
Скорость	+/-	+/-	-	-	+
Ток	-	+	-	-	-
Время	+	+	-	-	-



# Формирование изображения в КТ

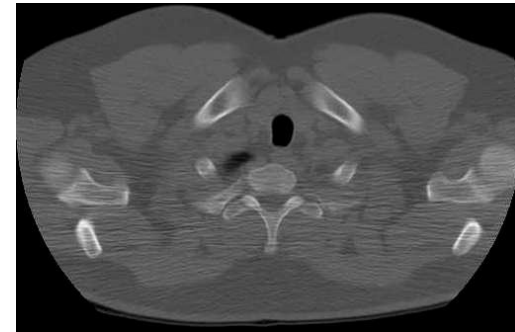


$I_0$  – интенсивность на трубке  
 $I$  – интенсивность на детекторе  
 $\mu_N$  – коэффициент ослабления для N-воксела



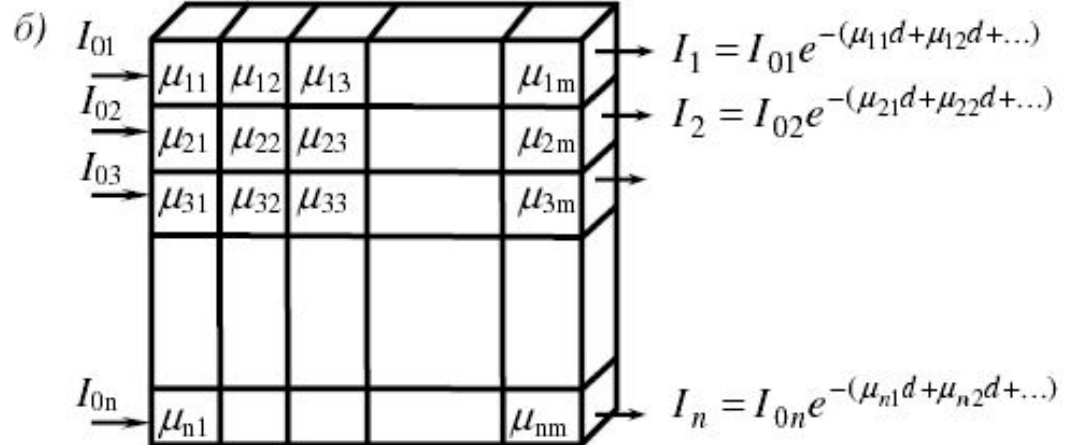
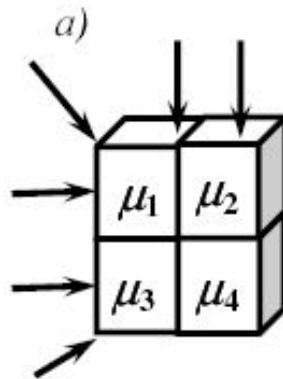
синограмма

$$H = \frac{\mu_N - \mu_{\text{воды}}}{\mu_{\text{воды}}} \cdot 1000$$



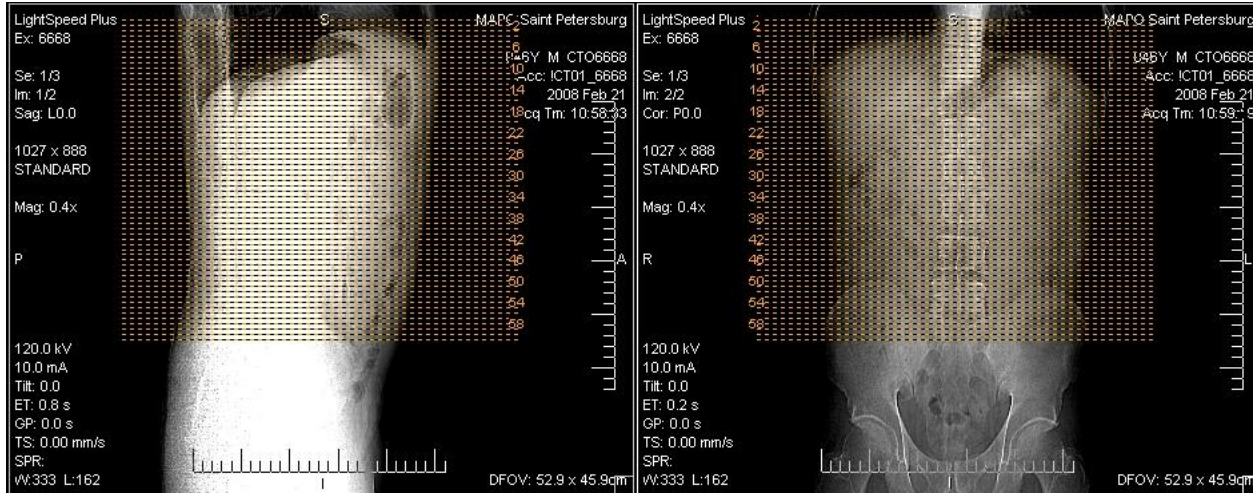
КТ-изображение

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 + \mu_2 &= \mu_{12}, \\ \mu_2 + \mu_3 &= \mu_{23}, \\ \mu_1 + \mu_3 &= \mu_{13}, \\ \mu_1 + \mu_4 &= \mu_{14}. \end{aligned} \right\}$$

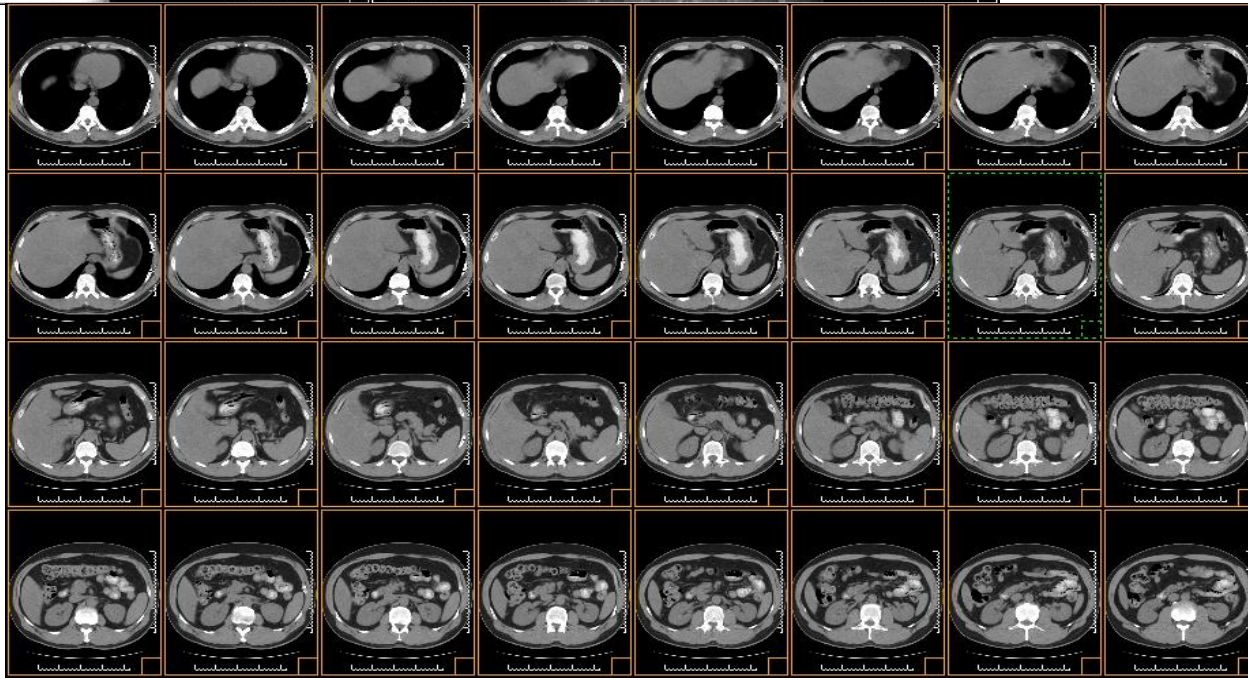




# Методика КТ-исследования



Ток: 300 мА  
 Напряжение: 120кВ  
 Толщина среза: 5.0 мм  
 Матрица: 512x512  
 Режим: спиральный,  
 11.25 мм/с





## Протокол КТ-исследования

### Выбираемые параметры сканирования:

- сила анодного тока, мА;
- напряжение на рентгеновской трубке, кВ;
- толщина среза, мм;
- поле сканирования, см;
- угол наклона, градусы;
- матрица изображения, пикс;
- режим сканирования, мм/с;
- скорость вращения трубки, об/с;
- используемый фильтр;
- питч;
- число срезов;
- диаметр реконструкции, см.

### Контролируемые характеристики:

- пространственное разрешение, мм;
- продолжительность сканирования, с;
- лучевая нагрузка, мЗв;
- шум.



## Качество КТ-изображения

1. пространственное разрешение:

$$r_x = \frac{FOV_x}{m_x}; \quad r_y = \frac{FOV_y}{m_y}; \quad r_x = r_y; \quad r_z = thk;$$

2. контрастность (контрастное разрешение).

3. шум и пространственная однородность:

- квантовый;
- электронный;
- вычислительный;
- лучевой.

4. стабильность характеристик;

5. артефакты



## Безопасность в КТ

Чем выше качество изображения, тем выше доза излучения.

### Факторы, увеличивающие дозу воздействия на пациента:

- тонкие срезы;
- нарушение центрации пучка;
- множественные сканы на одном уровне;
- смежные срезы;
- старые сканеры с неэффективными детекторами.

Радиационная безопасность - совокупность способов защиты от радиоактивного излучения (радиации).

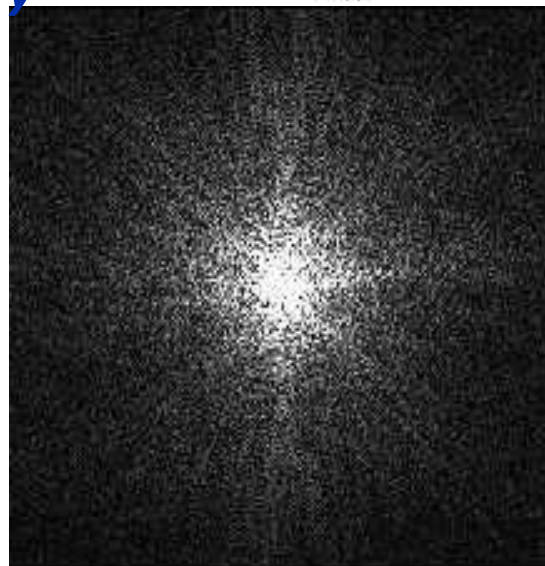
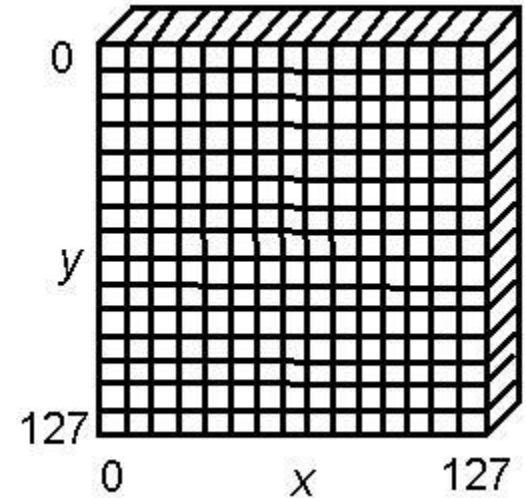
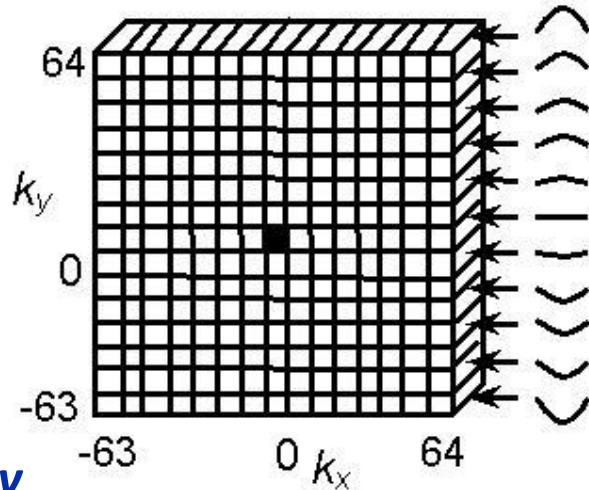
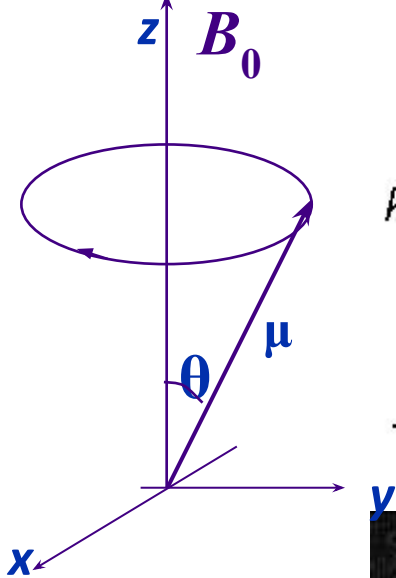
Способы защиты от ионизирующих излучений:

- 1) защита расстоянием;
- 2) защита временем;
- 3) защита экранированием;
- 4) средства химической защиты.

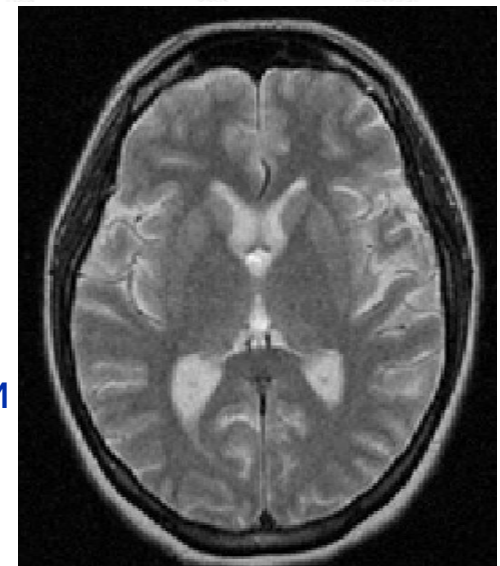




# Формирование изображения в МРТ



Преобразование  
е  
Фурье



k-  
пространство

МРТ-  
изображение



# Методика МРТ-исследования



Sag T2 FRFSE



Sag T1 Flair



Cor T2 FRFSE



Ax T2 FRFSE



Ax T1 FSE



Sag STIR



## Протокол МРТ-исследования

### Выбираемые параметры сканирования:

- импульсная последовательность;
- время эхо-сигнала, мс;
- время повторения импульсов, мс;
- длина эхо-трейна;
- ширина полосы пропускания, кГц;
- угол поворота, градусы;
- число усреднений сигнала;
- толщина среза, мм;
- расстояние между срезами, мм;
- поле сканирования, см;
- матрица изображения, пикс;
- опции отображения, мм/с;
- число срезов;
- ориентация срезов;

### Контролируемые характеристики:

- пространственное разрешение, мм;
- контрастность;
- продолжительность сканирования, с;
- коэффициент поглощенного РЧ-излучения, Вт/кг;
- шум.



## Качество МРТ-исследования

1. пространственное разрешение:

$$r_x = \frac{FOV_x}{m_x}; \quad r_y = \frac{FOV_y}{m_y}; \quad r_z = thickness + spacing;$$

2. контрастность (контрастное разрешение).

3. отношение сигнал/шум;

$$SNR = I \cdot V \cdot \frac{\sqrt{NEX}}{BW} \cdot f_{RF} \cdot f_{B0} \cdot f_{gap} \cdot f_{rec}$$

$I$  - интенсивность сигнала, зависящая от типа ИП;  $V$  - объем воксела;  $NEX$  - число усреднений;  $BW$  - ширина полосы пропускания;  $f_{RF}$  - коэффициент, зависящий от типа РЧ катушки;  $f_{B0}$  - коэффициент, зависящий от силы основного поля;  $f_{gap}$  - коэффициент, зависящий от межсрезовых эффектов;  $f_{rec}$  - алгоритм реконструкции.

4. артефакты

## Виды исследований

	КТ	МРТ	ПЭТ	Рентген	УЗИ
Голова	Кости черепа, пазухи, вещество мозга, сосуды, орбиты, ВНЧС	Вещество мозга, гипофиз, орбиты, сосуды, ВНЧС	Функции мозга	Кости черепа, пазухи, челюсти	-
Шея	Щитовидная железа, сосуды, мягкие ткани, трахея	Сосуды, мягкие ткани шеи	-	-	Щитовидная железа, сосуды (скорость кровотока), мягкие ткани
Позвоночник	Два позвонка и диск	Отделы позвоночника	-	Отделы позвоночника (1-2 проекции)	-
Грудная клетка	Легкие, сердце, ребра	Сердце, маммография	Всё тело	Легкие, ребра, маммография	Сердце, маммография
Брюшная полость	Желудок, органы брюшной полости	Органы брюшной полости	Всё тело	Желудок, почки	Органы брюшной полости
Малый таз	Кишечник, органы малого таза	органы малого таза	Всё тело	Кишечник, мочевой пузырь	Органы малого таза
Суставы	Плечевые, локтевые, лучезапястные, кисти, тазобедренные, коленные, голеностопные, стопы			все	Сосуды конечностей



## Опасные и вредные факторы в МРТ

### 1. Магнитные поля

Поле большинства клинических систем: 0.2-3.0 Тл

Ограничение FDA: поле  $< 8.0$ Тл вызывает незначительный риск для пациентов.

### 2. Градиентные поля

- переключение градиентных катушек при сканировании (dB/dt);
- стимуляция периферических и зрительных нервов;
- при мощных и/или быстрых градиентах возможна стимуляция сердца.

### 3. Радиочастотная энергия

Коэффициент поглощенного РЧ-излучения (SAR, Вт/кг) зависит от поля, TR, угла поворота, частоты, массы пациента, РЧ-катушки, проводимости тканей (3,2 Вт/кг для головы, 0,4 Вт/кг для тела, 8 Вт/кг для суставов).





## Пороги стимуляции\*

Кардио-стимуляция

3600 Тл/с

Порог дыхательной стимуляции

900 Тл/с

Появление болевых ощущений

90 Тл/с

Стимуляция периферических нервов

60 Тл/с

45 Тл/с (стандартное значение)

20 Тл/с

0 Тл/с

- 0 - 20 Тл/с = клинический режим
- >20 Тл/с = контролируемый режим первого или второго уровня

\*) MR Safety Guide © 2003 by General Electric Company, Inc.