



*С.Е.Бару, д.т.н., проф., зав.лаб.,  
член Комитета МЗ РФ по новой технике.  
ИЯФ СО РАН, Новосибирск*

# Оптимальный флюорограф

# Флюорография в России

## Наша ситуация:

- туберкулез, рак легких. Нет другого пути, кроме массовой флюорографии,
- физически и морально устаревший парк флюорографов,
- высокие дозы при обследованиях,
- недостаток средств для обновления парка,
- в то же время - богатые традиции, школа, опыт в области практической флюорографии.

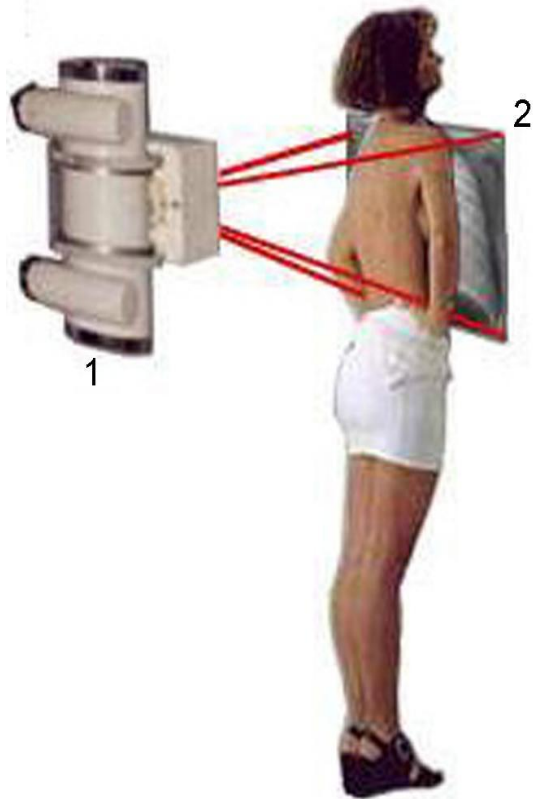
**Выход из положения** – воссоздание флюорографической службы на качественно новом уровне.

**Технически:**

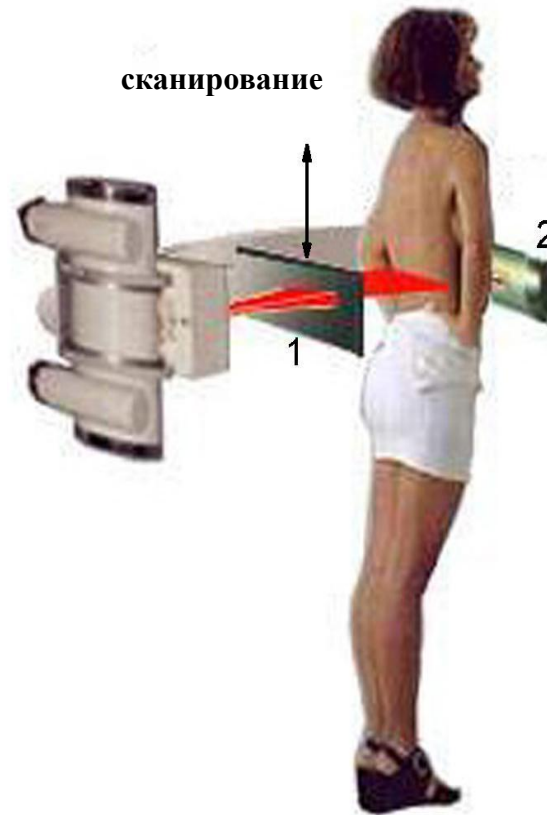
- а) Применение современных флюорографов с высокими диагностическими возможностями и низкими дозами облучения.
- б) Создание медицинской компьютерной сети для архивирования и консультаций.
- в) Постепенное внедрение компьютерной диагностики.

# Требования к современному флюорографу

1. Высокое качество снимка, определяющее его диагностические возможности.
2. Низкие дозы облучения пациентов (т.к. производится массовое периодическое обследование здоровых людей). Желательно иметь настолько низкие дозы, чтобы можно было смотреть *все* категории населения.
3. Цифровой способ получения изображения, позволяющий реализовать оперативную диагностику, удобное архивирование, пересылку снимков для консультаций.
4. Высокая надежность.
5. Приемлемая цена.

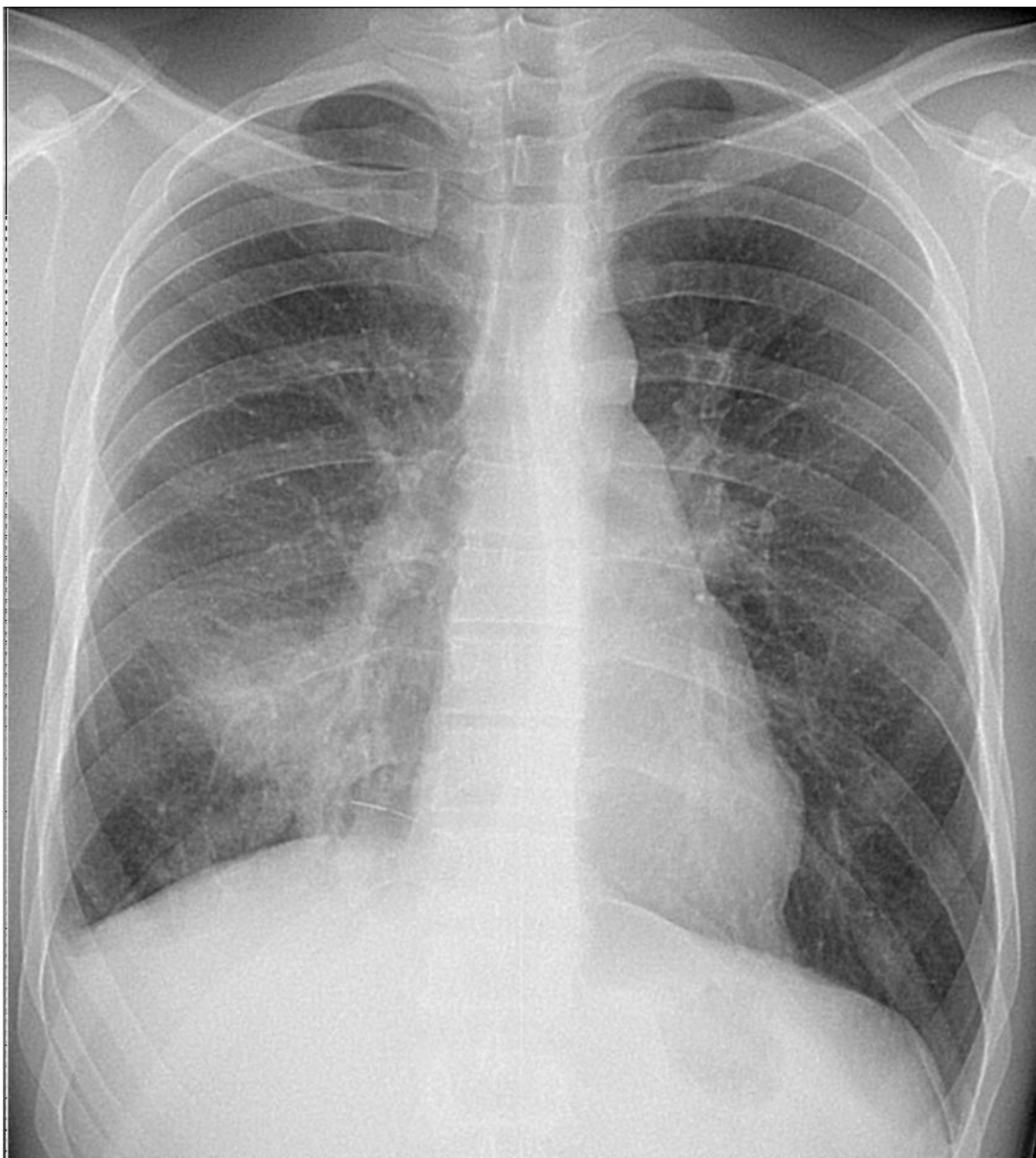


**Схематичное изображение  
двухкоординатного традиционного  
метода:**  
**1 – рентгеновская трубка,**  
**2 – двухкоординатный детектор**



**Схематичное изображение  
сканирующего метода**  
**1 – коллиматор**  
**2 – однокоординатный детектор**

На первый взгляд, традиционный метод получения снимка с двумерным (плоским) детектором кажется более простым и целесообразным. Но это только на первый взгляд.



## **Пациент 1**

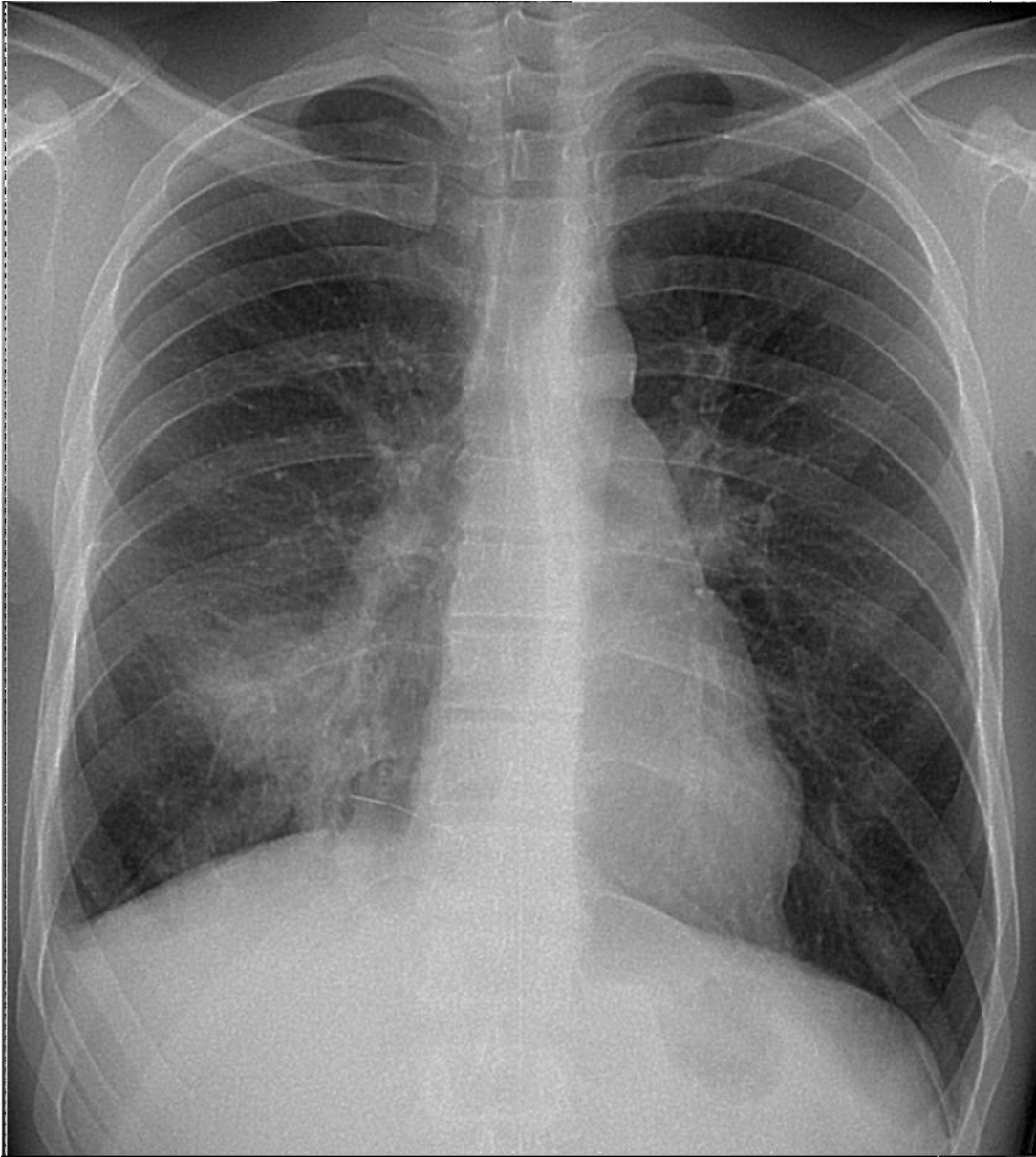
(прямой снимок)

### ***Описание:***

справа в S-10 участок инфильтрации легочной ткани без четких контуров. Правый корень расширен, структурность снижена. Справа на границе нижнего средостения на уровне D-10 определяется инородное тело металлической плотности, линейной формы, длиной 31 мм, окруженное плевро-медиастинальными спайками.

### ***Заключение:***

правосторонняя сегментарная S-10 пневмония. Металлическое инородное тело средостения (плевральной полости?) справа.



## **Пациент 1**

Тот же снимок при  
других условиях  
визуализации



**Пациент 1**  
Тот же снимок при  
других условиях  
визуализации

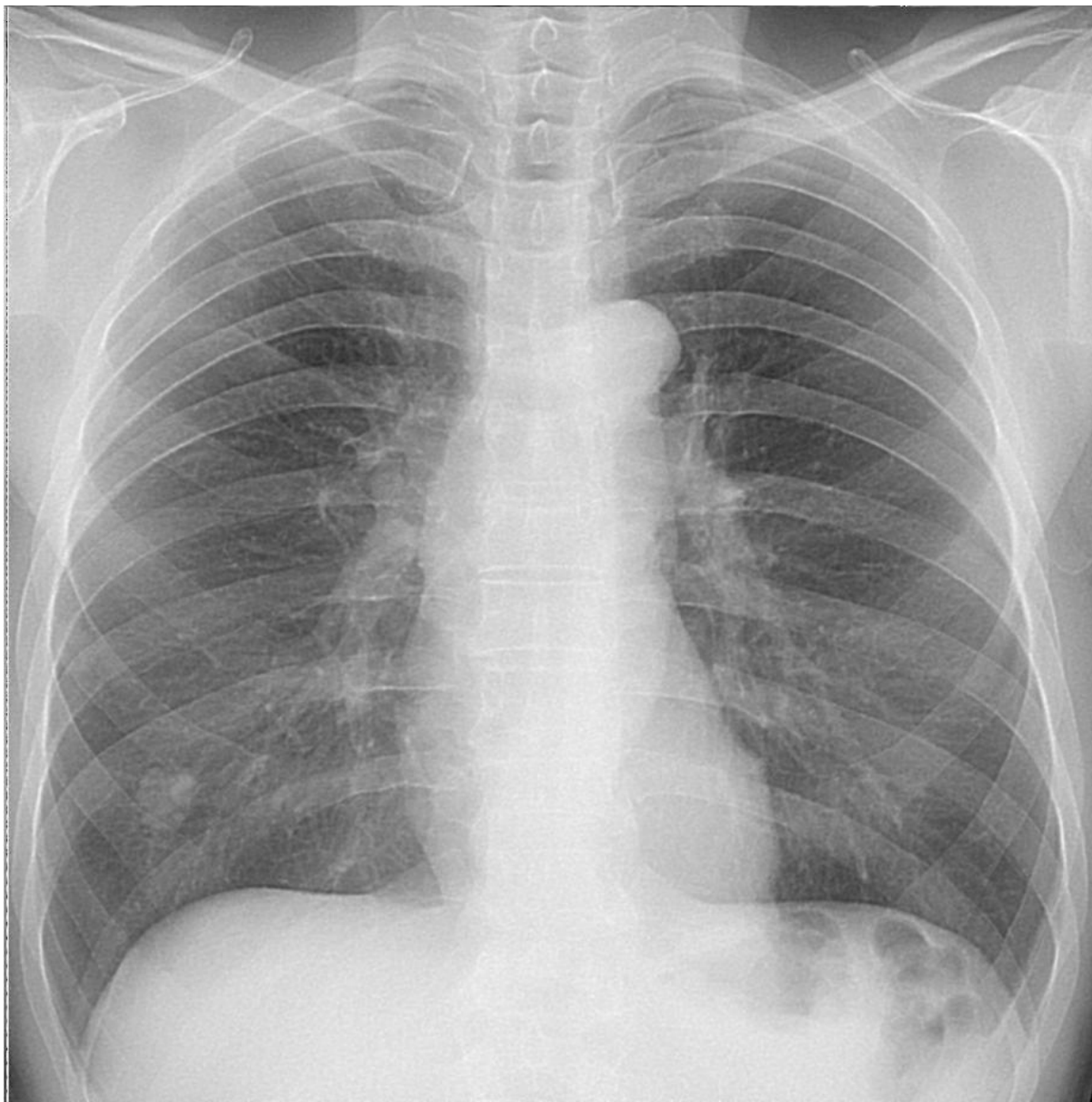




**Пациент 1**  
Боковой снимок



**Пациент 1**  
Боковой снимок  
при других условиях  
визуализации



## **Пациент 2**

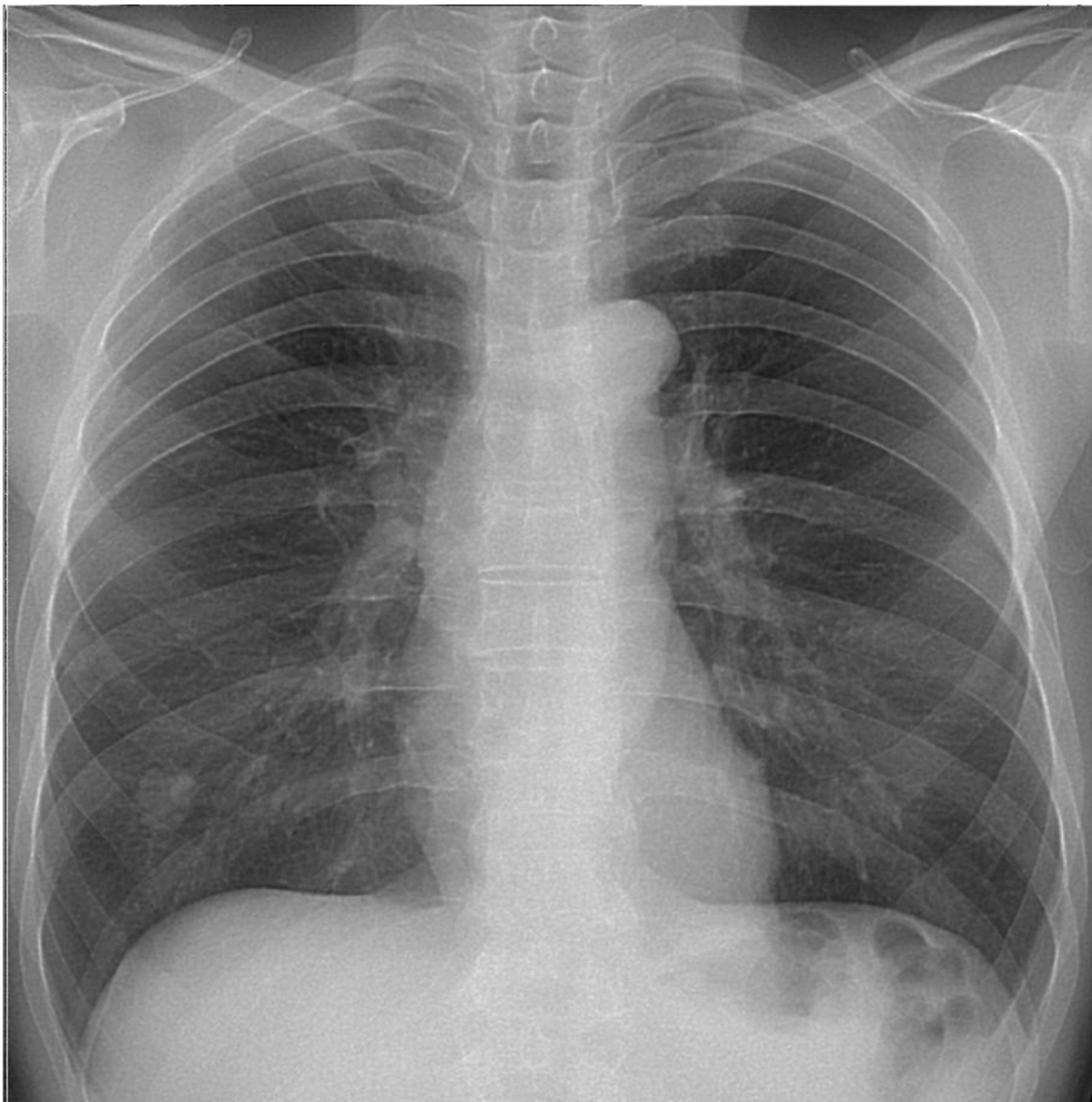
### ***Описание:***

Отрицательная динамика в виде появления в S-4 справа округлой тени высокой интенсивности с неровными четкими контурами, диаметром 18 мм, с неотчетливой дорожкой к корню. Во 2 межреберье небольшие неинтенсивные очаги. Плевральные синусы свободны. Сердечная тень не расширена. Склероз аорты.

### ***Заключение:***

Дифф. диагноз между периферическим процессом (МТ?) и туберкуломой S-4 справа.

Вторичные очаги в верхней доле справа. Направить на R-графию ОГК, затем в ООД, к фтизиатрам.



**Пациент 2**  
Тот же снимок  
при других условиях  
визуализации



**Пациент 2**  
Тот же снимок  
при других условиях  
визуализации



**Пациент 2**  
Боковой снимок



**Пациент 2**  
Боковой снимок  
при других условиях  
визуализации

## Видимые особенности снимков, полученных на сканере с параллельным движением

1. Снимки хорошего качества, резкие.
2. Широкий динамический диапазон. Хорошо видны легкие, виден позвоночник.
3. Нет искажений по вертикали (вдоль тела). Все позвонки видны под одним (прямым) углом. Можно хорошо определять взаимное расположение органов (и их смещение).
4. Цифровая обработка снимка значительно расширяет диагностические возможности. Тип цифровой обработки – по желанию врача.



Какая была доза, по снимку *не видно*.

- А.** Для получения на параллельном сканере ФМЦ-НП-О прямого снимка легких нужна доза 3-5 мкЗв (1 час полета на высоте 10 км, природный фон). При такой дозе можно смотреть *всех и сколь угодно часто*.
- В. *Внимание!*** Снимки, демонстрируемые на выставках на дисплеях, получены при повышенных дозах для улучшения качества. При рабочих дозах качество будет хуже.

# Особенности традиционных систем и сканеров

<p><b>Традиционная система «Экран- оптика-ПЗС» (пример – «Электрон»)</b></p>	<p><b>Параллельный сканер (пример – ФМЦ-НП-О)</b></p>
<p>«Вуаль» на снимке от рассеянного излучения</p>	<p>Полное отсутствию «вуали» от рассеянного излучения</p>
<p>Доза = D</p>	<p>Доза = 5% от D</p>
<p>Геометрические искажения в направлении вдоль тела</p>	<p>Полное отсутствие искажений вдоль тела</p>
<p>Только квадратная форма снимка</p>	<p>Произвольная длина и ширина снимка</p>
<p>Неодинаковое качество снимка по полю. <b>Причины:</b> а) Разная величина фокусного пятна. б) Разная интенсивность излучения трубки (<math>\Delta = 40\%</math>) по высоте снимка.</p>	<p>Одинаковое качество снимка по всему полю.</p>



**ФМЦ – НП – О**  
(флюорограф малодозовый  
цифровой производства ЗАО  
«Научприбор», г. Орел)

# Характеристики флюорографа ФМЦ – НП – О

Размеры снимка (макс), мм (устанавливаются врачом)	410 x 1200
Разрешение, п.л./мм	2 (2,5)*
Контрастная чувствительность, % при дозе 100 мкР в плоскости приемника	0,5
Скорость сканирования, см/с	7 (14)*
Динамический диапазон	1000
Доза при прямом снимке грудной клетки, мкЗв	3 ÷ 5
Макс. напряжение на трубке, кВ	120
Производительность, снимков/час	60

---

( )\* - в близком будущем

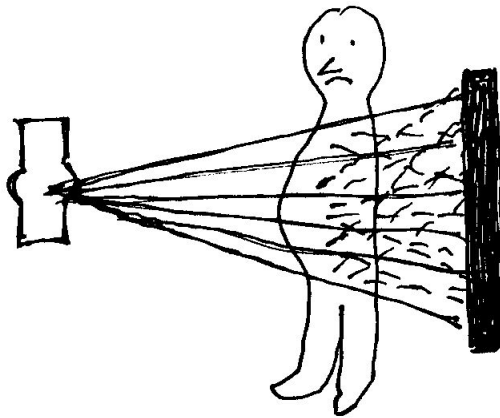
## Время сканирования:

1. Никакого влияния 2,5 – 5 с сканирования на пропускную способность кабинета оказать не могут.
2. Снимки, полученные на сканере ФМЦ-НП-О, всегда резкие. Почему? Потому что время экспозиции одной строки, каждая из которых фиксирует «свою» часть изображения – всего несколько миллисекунд. Пациент может вообще не задерживать дыхание, но снимок все равно будет резким. Граница органа, движущаяся со скоростью 50 мм/с, «размажется» за 2,5 мс всего на 0,1 мм.
1. В традиционных двумерных системах (пленочных и цифровых, типа «Электрон») время экспозиции на порядок больше. Поэтому та же движущаяся граница органа «размажется» на ~ 1 мм.

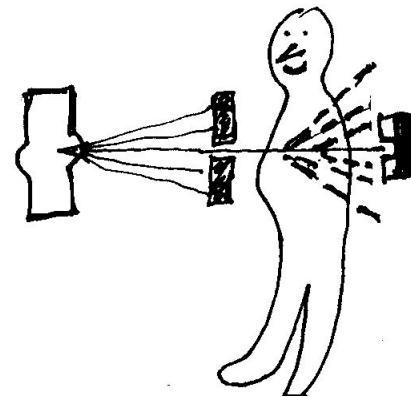
4. Изображение сердца и близлежащих сосудов на сканерах тоже всегда резкое, а кимографические зубцы на сердце говорят лишь о том, что мы видим сердце в разных фазах его работы. Величина этих зубцов и их форма могут дать специалисту дополнительную информацию. При скорости 14 см/с зубцов вообще не будет, и мы увидим резкое изображение сердца и сосудов, в отличие от традиционных двумерных систем, где границы сердца и сосудов всегда нерезкие.

# Влияние рассеянного излучения

Вид сбоку



Традиционный метод  
с плоским детектором



Сканер. Детектор с входным  
окном в виде узкой щели

————— прямое (полезное излучение)  
————— рассеянное излучение

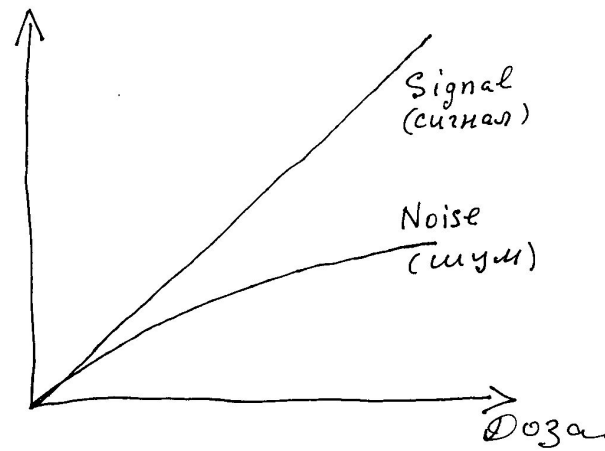
Рассеянное излучение – главный враг качества снимка. В традиционных системах с плоским детектором оно составляет 50-90% от величины полезного сигнала, создает на снимке «вуаль», ухудшает контрастную чувствительность и образует ложные образы. Для уменьшения шума от рассеянного излучения приходится увеличивать дозу или применять растр, который, в свою очередь, тоже требует увеличения дозы.

В сканерах рассеянное излучение практически не регистрируется, что позволяет резко понизить дозу и улучшить диагностические параметры снимка.



Почему в традиционных системах с плоским детектором для улучшения качества снимка приходится увеличивать дозу облучения?

Это объясняется тем, что с увеличением дозы сигнал растет линейно, а шум, в том числе и от рассеянного излучения – корневым образом, т.е. гораздо медленнее.



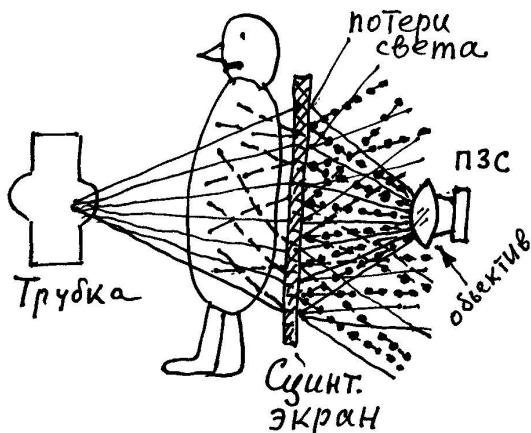
Т.о. при увеличении дозы улучшается соотношение сигнал/шум, т.е. улучшается контрастная чувствительность.

В сканерах такой необходимости увеличения дозы нет, т.к. рассеянное излучение не регистрируется.

## **Почему доза на сканере ФМЦ-НП-О меньше, чем на флюорографе фирмы «Электрон» более чем в 20 раз при высоком качестве снимка?**

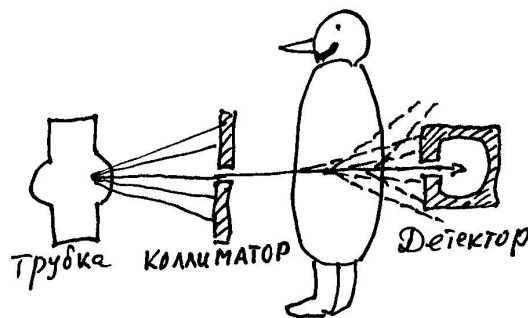
- На сканере совсем нет потерь излучения. Все излучение, прошедшее через пациента, регистрируется детектором. В детекторе происходит прямое преобразование энергии кванта в электрический заряд, который затем измеряется. В традиционной «плоской» системе есть промежуточное преобразование энергии кванта в свет и лишь затем в заряд, при этом значительная часть света не попадает в объектив и теряется, что необходимо компенсировать увеличением дозы.
- Детектор сканера обладает низким собственным шумом и высокой эффективностью ( $\sim 70\%$ ). В системе с плоским детектором уровень шума значительно выше из-за рассеянного излучения. Чтобы достичь необходимого качества снимка, приходится снова увеличивать дозу.

## Оптическая схема флюорографа типа «Экран – оптика – ПЗС»

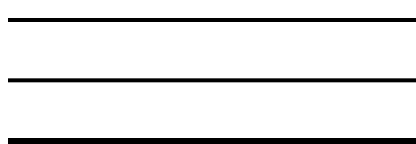


*Большие потери сигнала.  
Большой шум от регистрации  
рассеянного излучения.*

## Оптическая схема сканирующего флюорографа с газовым детектором



*Потерь сигнала нет.  
Шум близок к нулю.*



**Полезное излучение и свет от него**

**Рассеянное излучение**

**Свет, рожденный рассеянным излучением**

Поэтому, поскольку потерь сигнала нет, а шум близок к нулю, можно утверждать, что на флюорографе ФМЦ-НП-О доза соответствует минимальному, теоретически возможному пределу. Более низких доз при обозначенных пространственном разрешении и контрастной чувствительности быть просто не может.

**Только ли в России используются сканирующие системы? Отнюдь нет!**

“**Lodox**” разработана в ЮАР фирмой «Lodox Systems Ltd» и успешно продается в США.

“**Thoroscan**” разработан в США фирмой «Nucletron».

“**Digidelca**”, Голландия, фирма «Oldelft».

«**Пульмоскан**», Беларусь, фирма «Адани».

В России сканирующие аппараты выпускаются и продаются особенно успешно (*«ФМЦ-НП-О», Научприбор; «Сириус СКАН», Медрентех; «АПЦФ – 01», Амико; «Проскан -2000», Рентгенпром*).

Целесообразность разработки и применения сканеров в России вызывается не только высокими параметрами лучших образцов. Дело еще и в том, что разработчики «плоских» цифровых детекторов располагают в России практически только одной технологией: *Экран – Оптика – ПЗС*. Эта схема по дозам, практически, мало выигрывает по сравнению с современными пленками. Но «плоские панели» (flat panels) нашей промышленности пока «не по зубам», а покупателям – не по карману.

А сканеры мы делаем не хуже, а лучше зарубежных. Об этом свидетельствует и то, что аппараты по технологии партнеров «ИЯФ – Научприбор» выпускаются не только в России, но и в Китае и Южной Корее. Известная казахстанская фирма «Актюбрентген» также намерена выпускать флюорографы типа ФМЦ-НП-О.



**Корейская  
установка  
DRS**



LDRD  
китайского  
производства