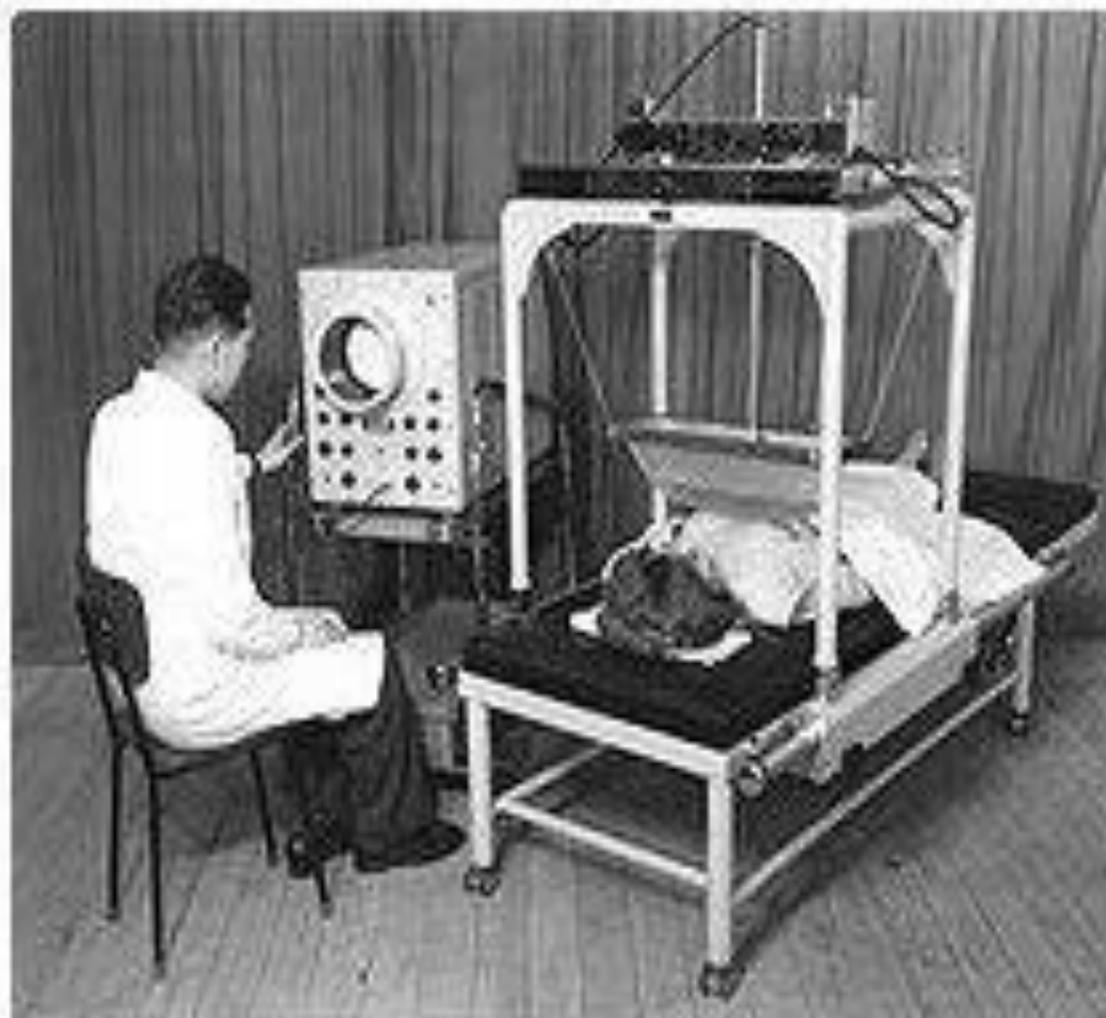
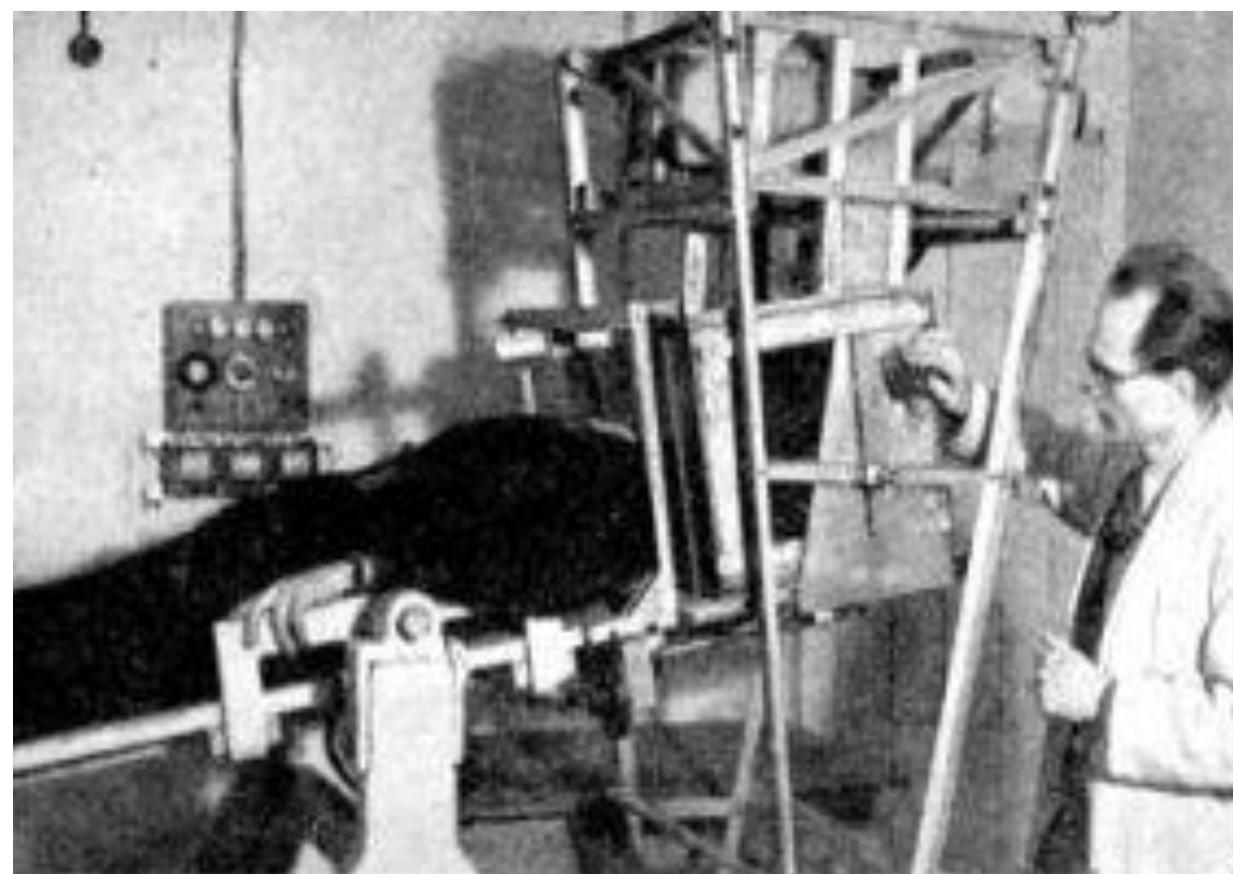


Основы ультразвуковой диагностики

- Впервые ультразвуковые колебания в природе открыл в 1794 году Спанланцани, проводивший опыты с летучими мышами. Он заметил, что мыши перестают ориентироваться в пространстве, когда им затыкают уши.
- 1880 год - в лабораторных условиях ультразвуковые колебания были получены братьями Кюри.
- Лишь в 1916 году начинается практическое использование ультразвуковых устройств на подводных лодках, устанавливаются первые ультразвуковые эхолоты для обнаружения кораблей противника.
- В 1929 году российским исследователем С.Я. Соколовым были заложены основы ультразвуковой дефектоскопии в технике и промышленности.
- Вскоре появляются первые, относительно простые по устройству, медицинские аппараты, со временем ультразвуковая медицинская аппаратура совершенствуется, появляются аппараты, дающие двумерное изображение внутренних органов, ультразвуковая томография и многое другое.



The water-bag B-mode scanning system, the SSD-1, from Aloka in 1960

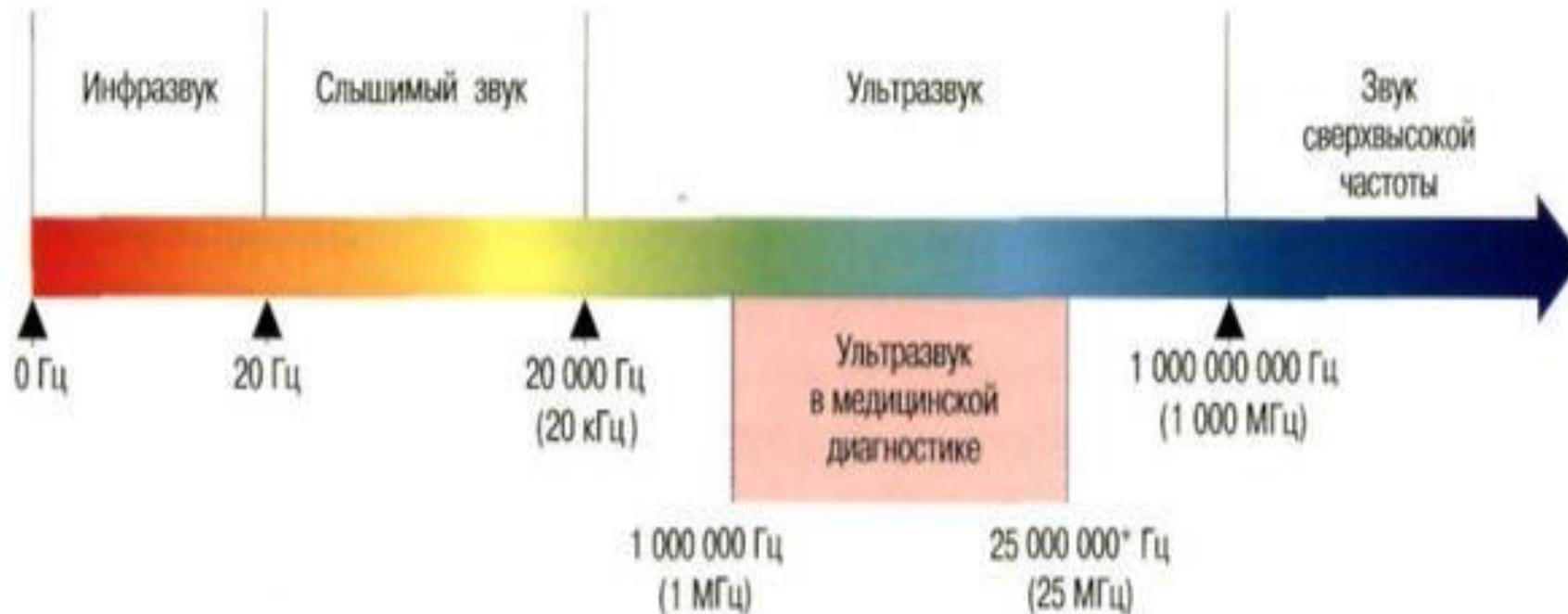


Dussik and his ultrasonic apparatus in 1946

Ультразвуком (УЗ) называют механические колебания и волны в упругих средах в диапазоне частот 20000 – 10¹⁰ Гц.

Частоты ультразвука условно подразделяют на три области:

- УЗНЧ - ультразвук низких частот – (2 · 10⁴ – 10⁵ Гц), УЗСЧ - ультразвук средних частот – (10⁵ – 10⁷ Гц), УЗВЧ – ультразвук высоких частот – (10⁷ – 10¹⁰ Гц).



Физические характеристики звуковых ВОЛН

Частота (f)

Период (T)

Амплитуда (A)

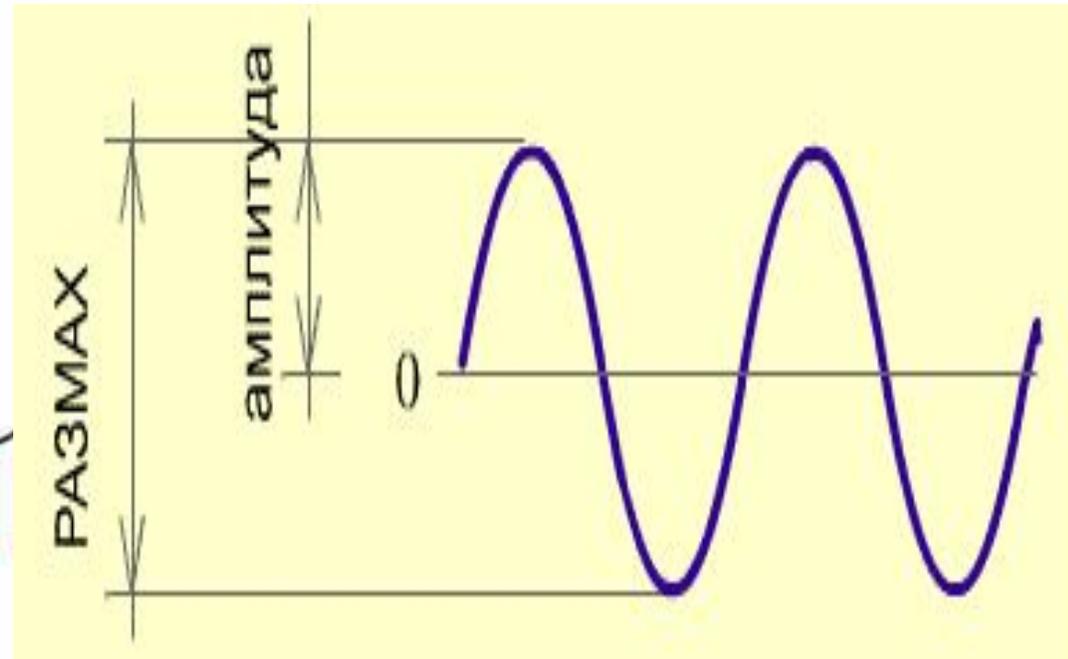
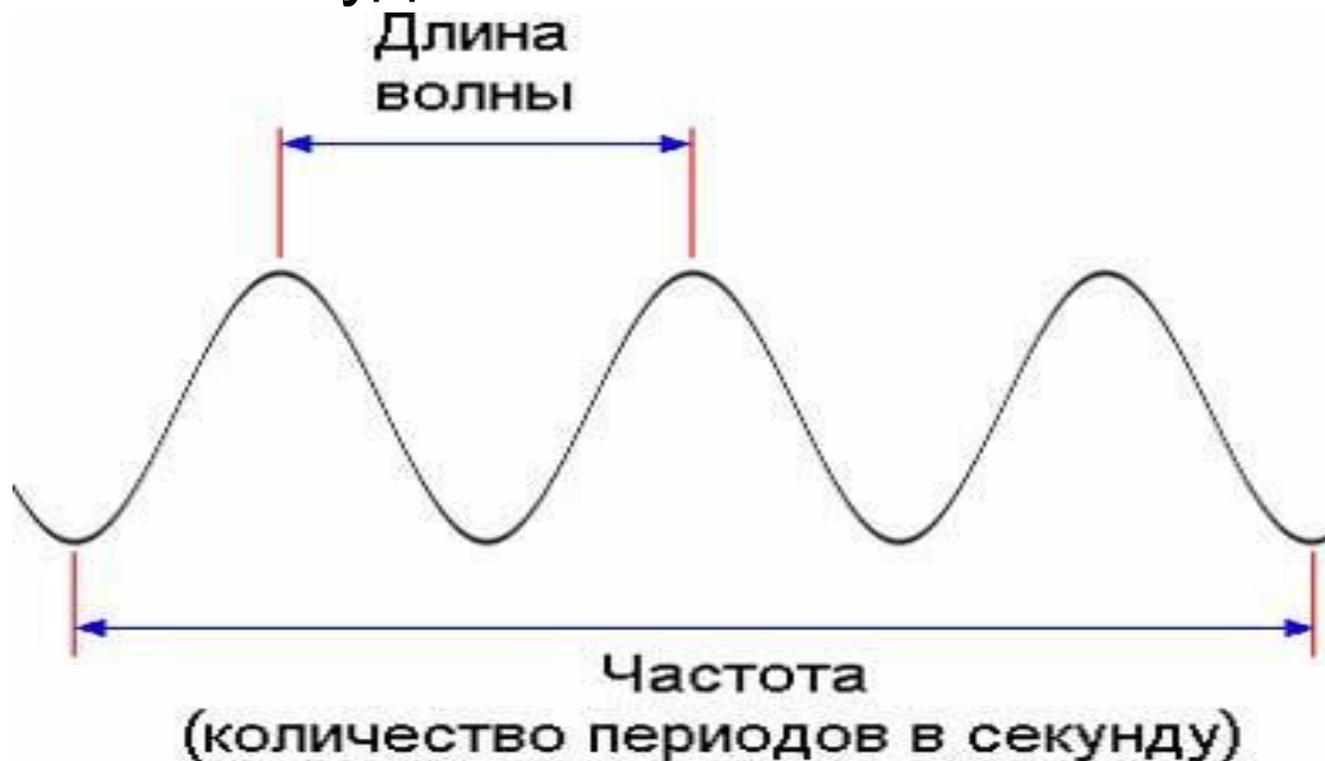
Интенсивность (I)

источником

Скорость распространения (c)  средой

Длина волны  средой и источником

- Частота – число колебаний в единицу времени (Гц) - от 2 до 20 мГц.
- Период – время, необходимое для получения одного полного колебания (сек.)
- Амплитуда – максимальное отклонение колебания от



- Скорость распространения – скорость, с которой волна перемещается в среде (м/с). $C = \lambda/T$
- Определяется плотностью и упругостью среды. Мера упругости – показатель модуля Юнга (кПа).
- Увеличивается при увеличении упругости
- Увеличивается при уменьшении плотности.
- Скорость распространения ультразвука в мягких тканях = 1540 м/с

- Длина волны – расстояние, которое занимает в пространстве одно полное колебание (м)
- $\lambda = cT \longrightarrow \lambda = c/f \longrightarrow f = c/\lambda$
- С увеличением частоты ультразвука уменьшается длина волны.

Чем выше частота УЗ, тем выше разрешающая способность и ниже проникающая.

Разрешающая способность - минимальное расстояние между двумя точками объекта, при котором они регистрируются на экране монитора как отдельные.



аксиальную
(вдоль луча)

Определяется длиной УЗ импульса
(которая пропорциональна длине волны)

Таблица 6

Сравнительная характеристика УЗ датчиков.

Параметры датчика	Преимущества	Недостатки
Малый диаметр	Можно: использовать при ограниченной зоне; сильно отклонять; он дает тонкий пучок в ближайшей зоне	Короткая ближняя зона, большая дивергенция (расхождение) в дальней зоне
Большой диаметр	Длинная ближняя зона, малая дивергенция в дальней зоне	Низкая латеральная разрешающая способность из-за широкого пучка
Высокая частота	Высокая разрешающая способность, длинная ближняя зона	Низкая проникающая способность
Низкая частота	Высокая проникающая способность	Низкая разрешающая способность, малая ближняя зона

Интенсивность УЗ-волны

Распространение УЗ волны в среде сопровождается тепловыми эффектами, что свидетельствует о переносе энергии

Интенсивность (характеристика *энергетических* свойств УЗ волны) – количество энергии, проходящей через единицу площади, перпендикулярной направлению распространения волны за единицу времени.

Интенсивность – это *отношение мощности волны к площади*, по которой распределяется УЗ поток.

Единица измерения – $\text{Вт}/\text{см}^2$ или $\text{мВт}/\text{см}^2$

При равной мощности излучения чем меньше плотность потока, тем выше его интенсивность. **Интенсивность пропорциональна квадрату амплитуды**. Если амплитуда удваивается, то интенсивность учетверяется.

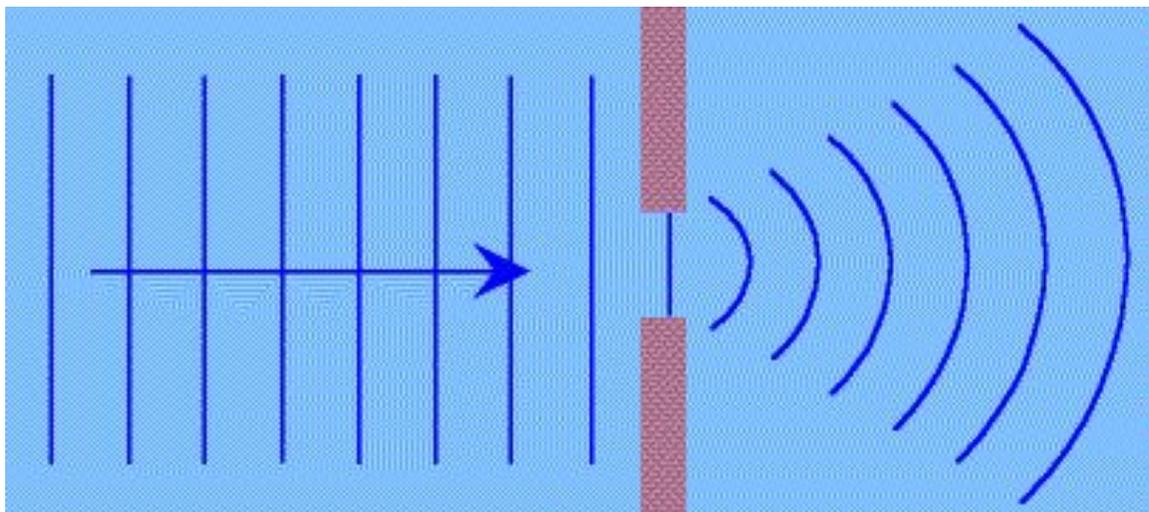
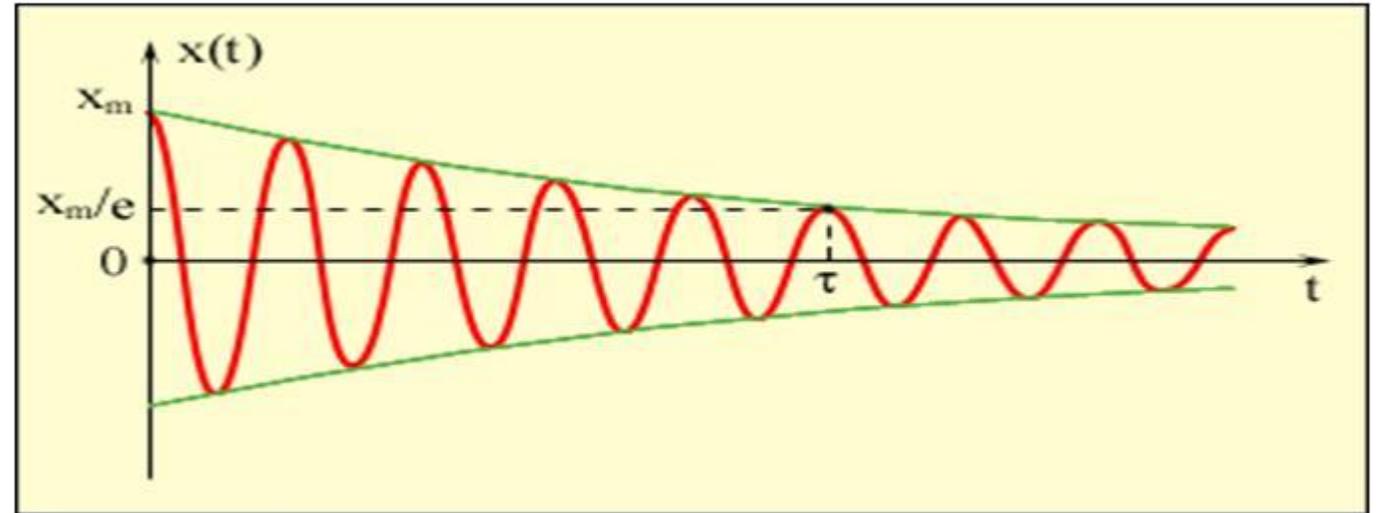
Физические характеристики биологических сред:

Затухание: - преломление

- рассеяние

- поглощение

Отражение.



При прохождении через любую среду наблюдается уменьшение амплитуды интенсивности ультразвукового сигнала – затухание (дБ)

Коэффициент затухания – ослабление ультразвукового сигнала на единицу длины пути этого сигнала.

Коэффициент затухания возрастает с увеличением частоты.

Преломление – изменение направления распространения УЗ волн при переходе из одной среды в другую, что может обуславливать геометрические искажения получаемого изображения.

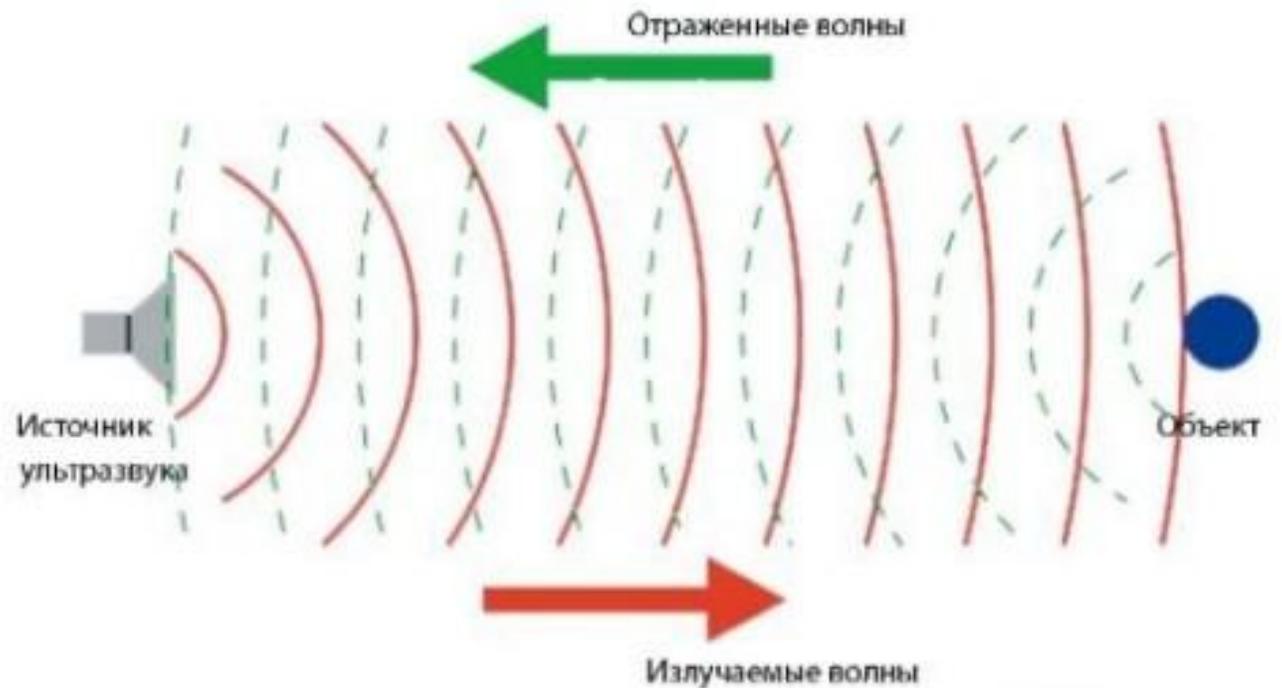
Рассеяние – возникновение множественных изменений направления распространения ультразвука, обусловленное мелкими неоднородностями среды.

Поглощение - это переход энергии УЗ волн в другие виды энергии (тепло)

Отражение – основное физическое свойство, на котором базируется получение информации о различных структурах организма.

- $K_{отр} = I_{отр} / I_{пад}$, где $I_{отр}$ - интенсивность отраженной волны, $I_{пад}$ - интенсивность падающей волны.

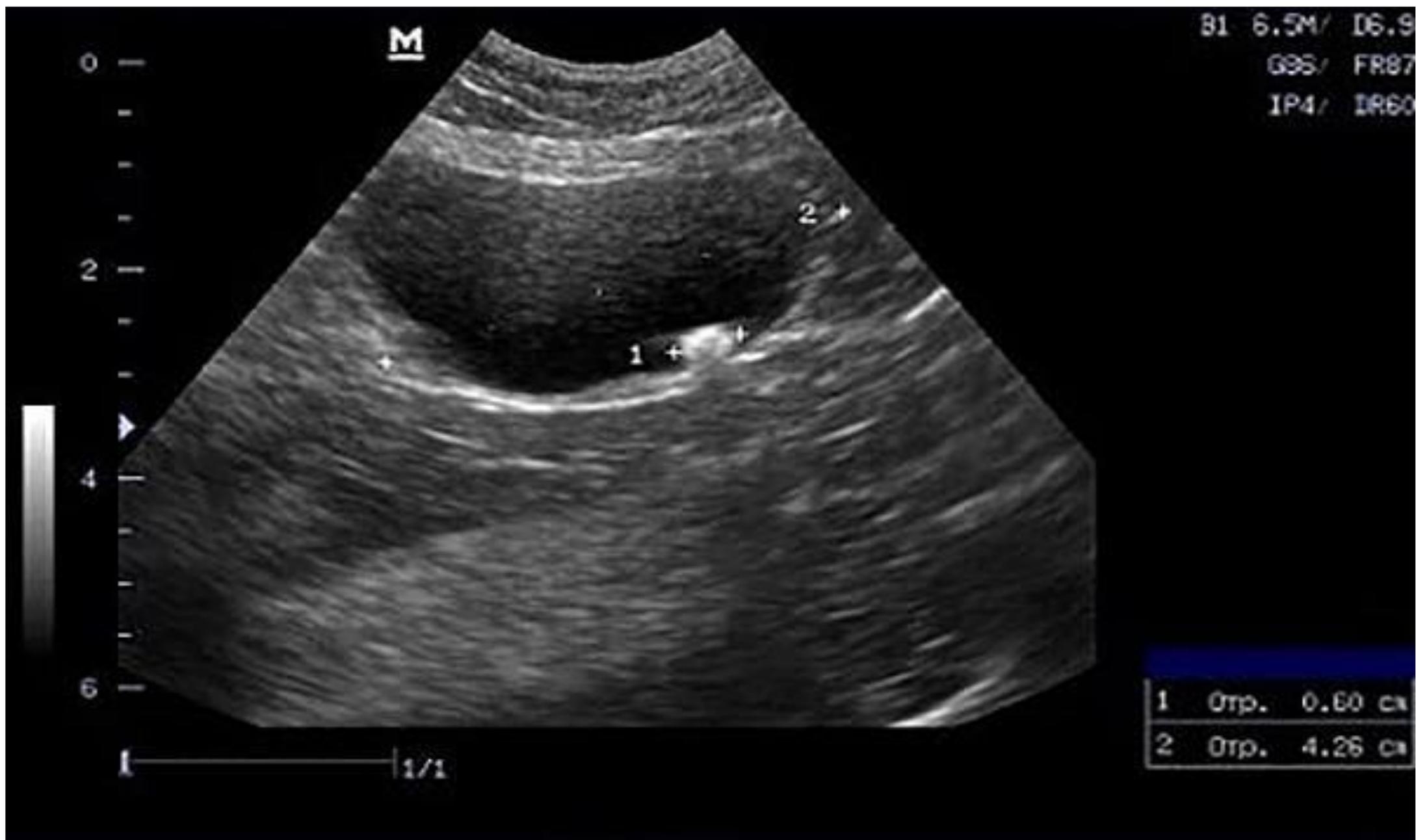
Граница сред	$K_{отр}$ в %
Мягкие ткани – воздух	99,9
Вода – сталь	86
Мышца – жир	10,0
Мышца – кость	64,0
Мозг – кость черепа	66,0
Воздух – мягкие ткани	99,95
Воздух – кожа	99,9



Мочевой
пузырь

Опухоль
мочевого
пузыря





Аппаратура для ультразвуковой диагностики в своём составе имеют следующие основные части (рис. 24):

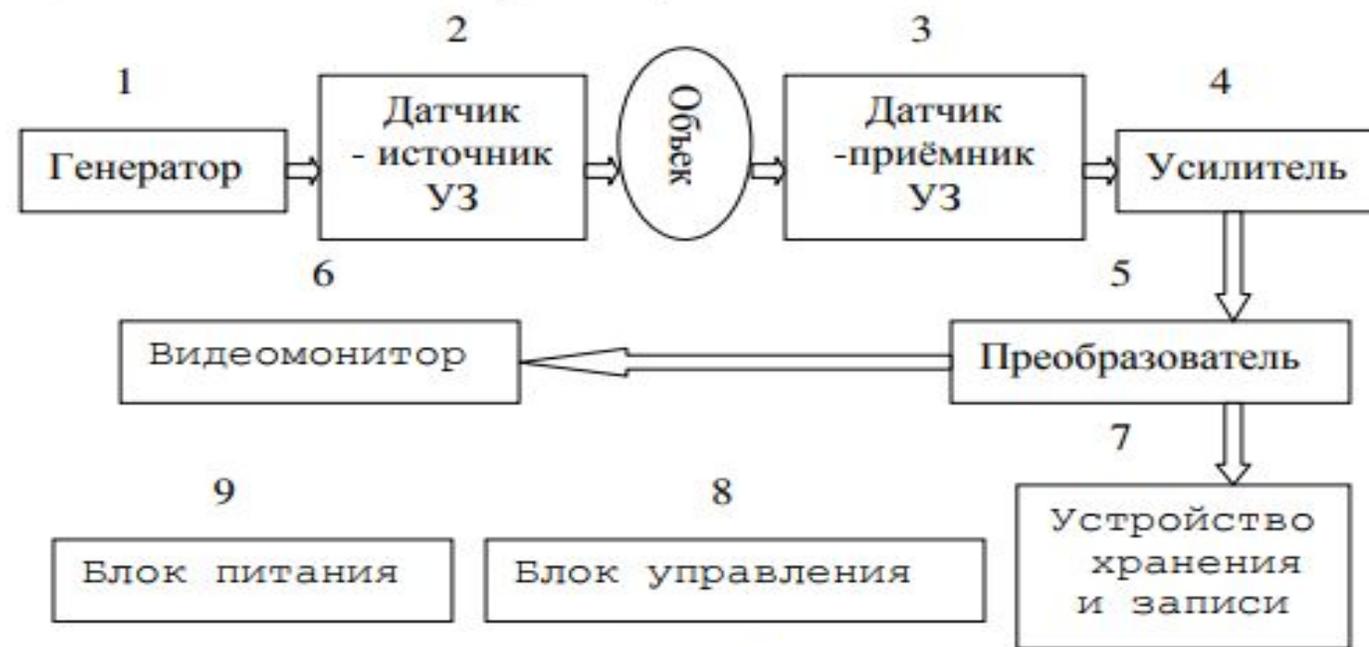
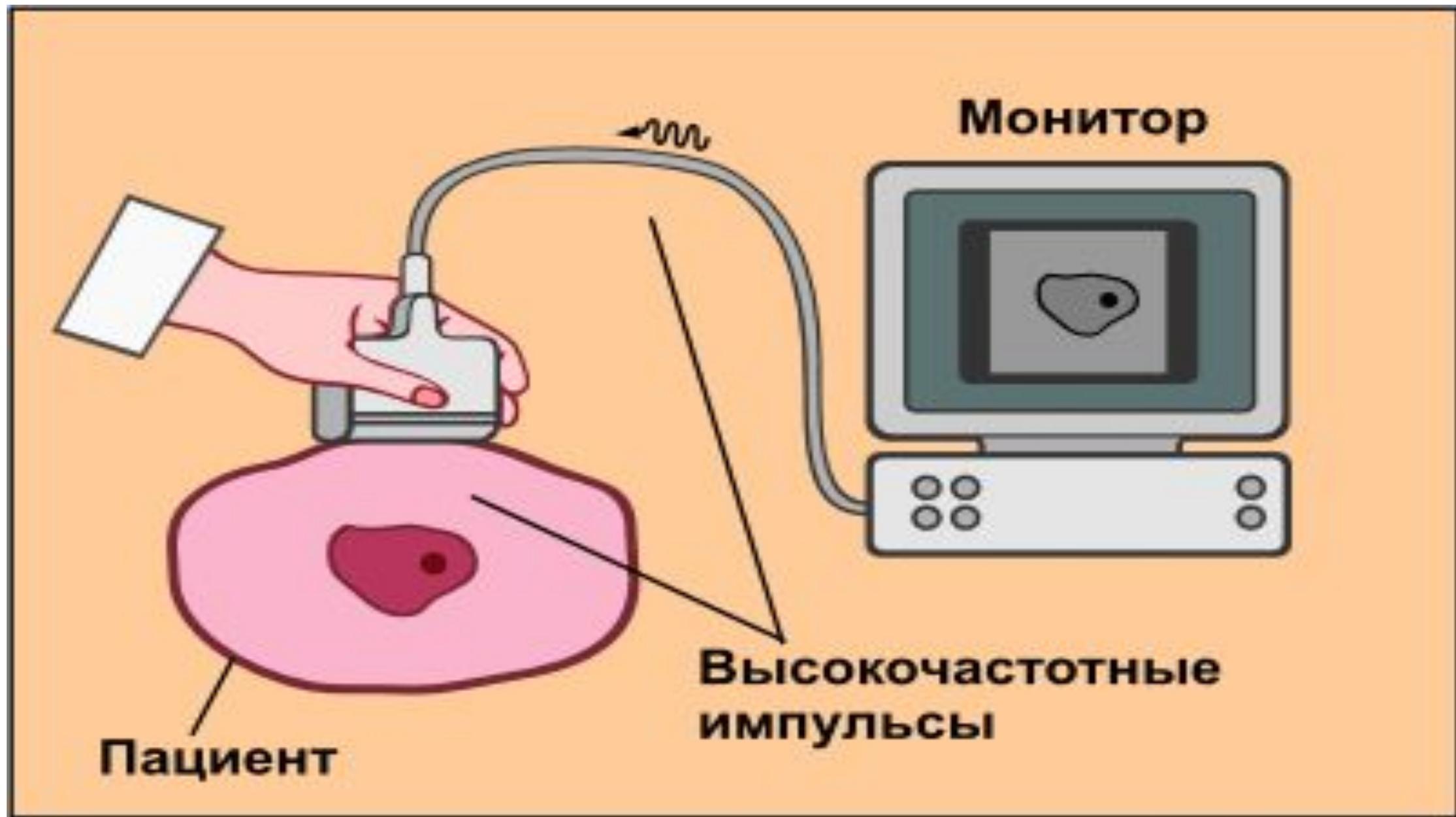
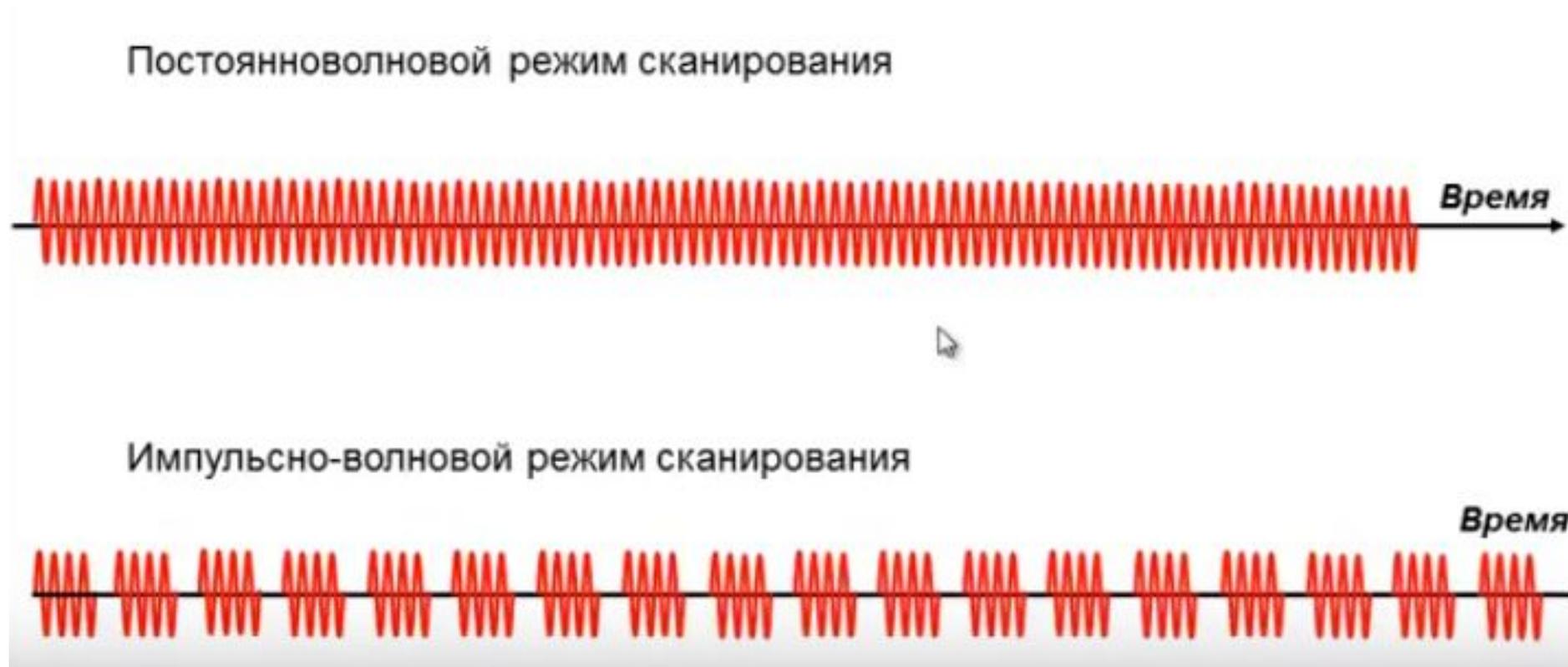


Рис. 24

- 1 - генератор электрических колебаний,
- 2 - источник УЗ (датчик),
- 3 - приёмник УЗ (датчик),
- 4 - усилитель,
- 5 - преобразователь,
- 6 - видеомонитор,
- 7 - устройство хранения и записи изображений,
- 8 - блок управления,
- 9 - блок питания.



- Принцип действия УЗИ сканера может быть основан на постоянном излучении/приеме УЗ волн - постоянноволновой режим или импульсноволновой



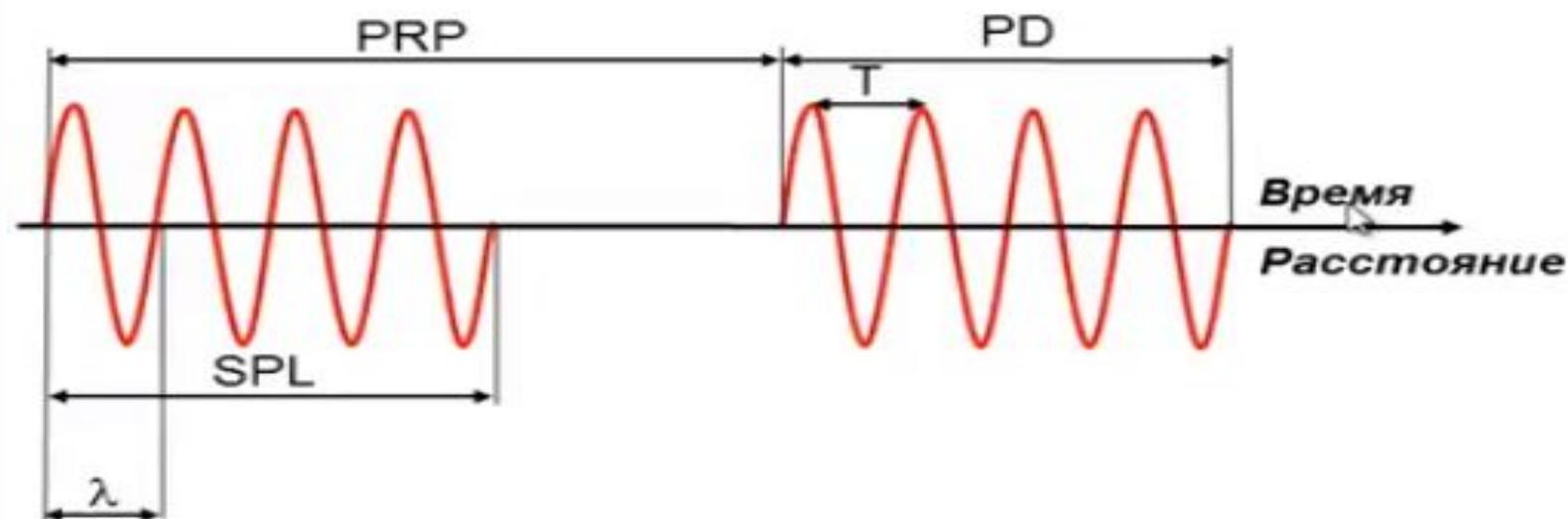
Пространственные и временные характеристики импульсных УЗ волн

T – период колебания

PD – продолжительность импульса (*pulse duration*) – характеризует время импульса

PRP – период повторения импульсов (pulse repetition period) – величина, обратная

PRF, характеризует **время** от начала одного импульса до начала следующего



λ – длина волны

SPL – пространственная протяженность импульса (spatial pulse length), т.е. осевая длина полного импульса

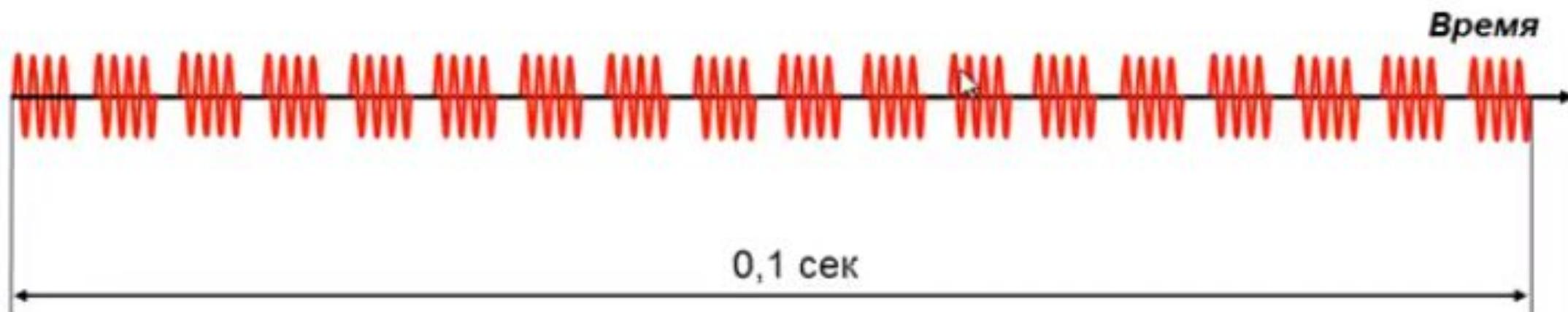
Частота повторения импульсов

ЧПИ (частота повторения импульсов; **PRF** (pulse repetition frequency)
– число импульсов, излучаемых в единицу времени (секунду).
Единица измерения – Гц.

18 импульсов за 0,1 сек



180 импульсов за 1 сек



Геометрия распространения УЗ-волны при падении на границу двух сред

Различные ткани по-разному проводят ультразвук. Некоторые ткани полностью отражают ультразвук, другие рассеивают сигналы, прежде чем они возвращаются к датчику



Акустический сопротивление среды Z (импеданс)

=

плотность (ρ) \times скорость распространения УЗ волны (C).

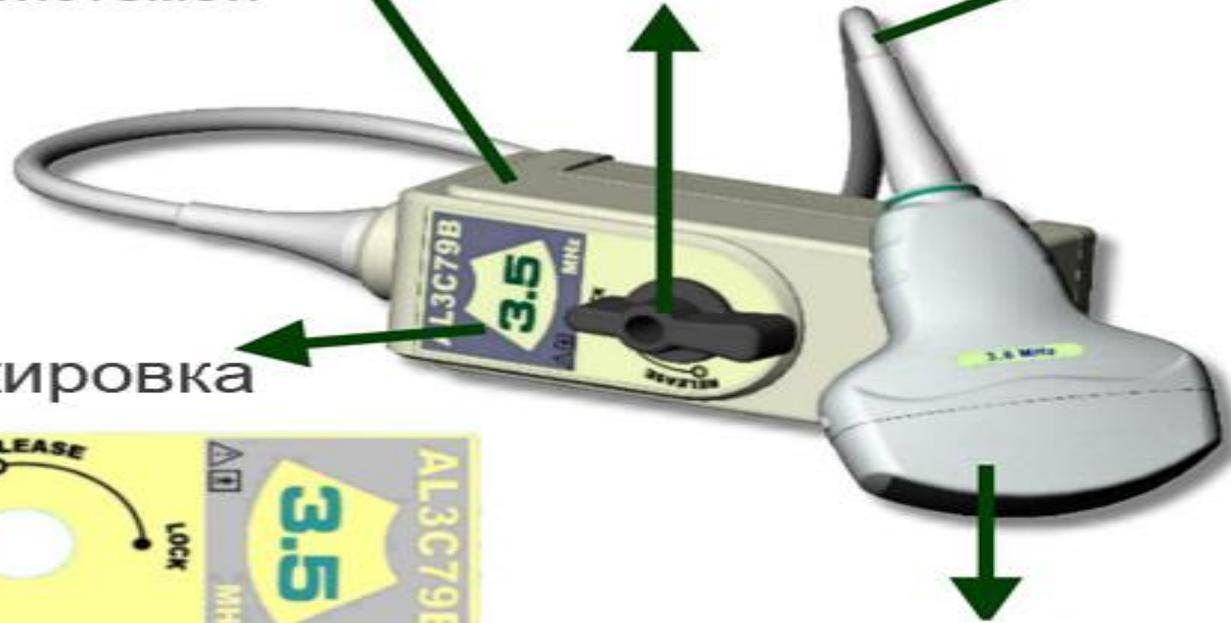
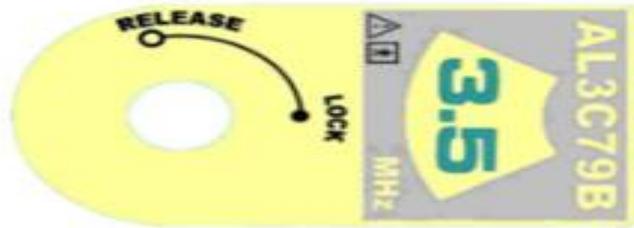
$$Z = \rho C$$

Коннектор
соединяет датчик
с УЗИ системой

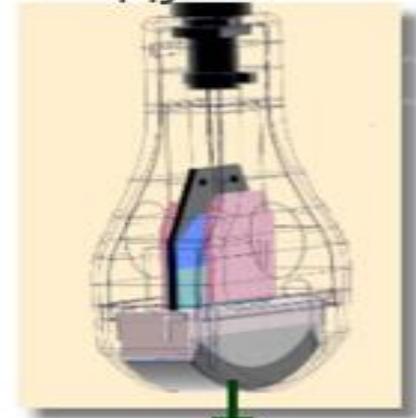
Замок
закрепляет коннектор к
ультразвуковой системе

Кабель
передает сигнал от
головки датчика к
коннектору

Маркировка



Акустический
модуль



Линза

Головка датчика преобразует электрический сигнал в акустические волны, которые проникают в тело. Отраженные акустические волны генерируют электрический сигнал. Поверхность головки является акустической линзой

- Используются три вида ультразвукового сканирования: линейное, конвексное и секторное.

Схемы для различных видов ультразвукового сканирования представлены на рис.14.

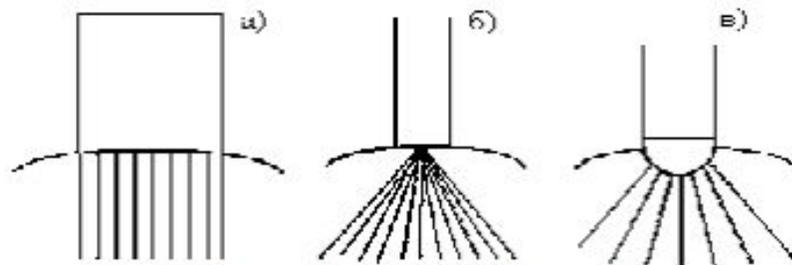


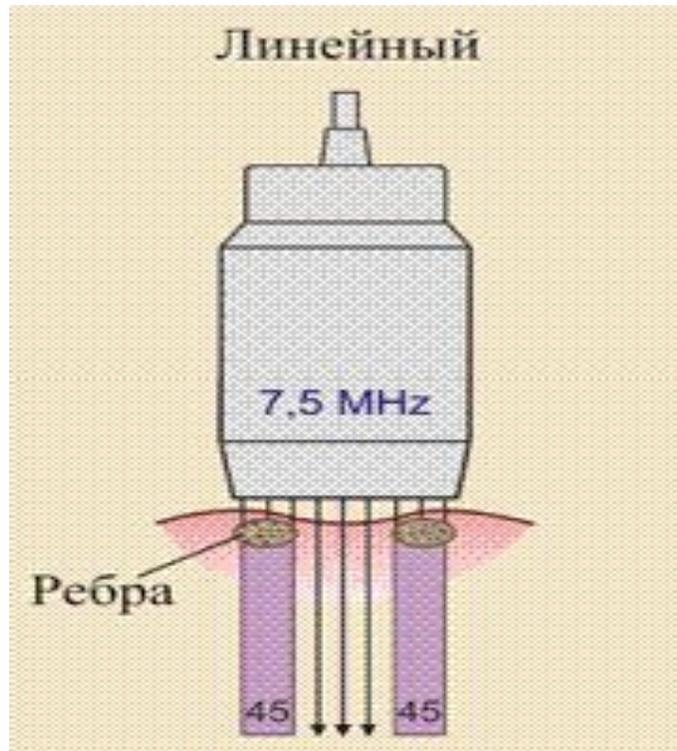
Рис. 14. Схемы ультразвукового сканирования:
 а) - линейное (параллельное), б) – секторное,
 в) – конвексное

Форматы изображения, получаемые при помощи некоторых датчиков, представлены на рис. 3.2.8:

Формат изображения			
Тип датчика	Линейные датчики	Конвексные датчики	Секторные датчики

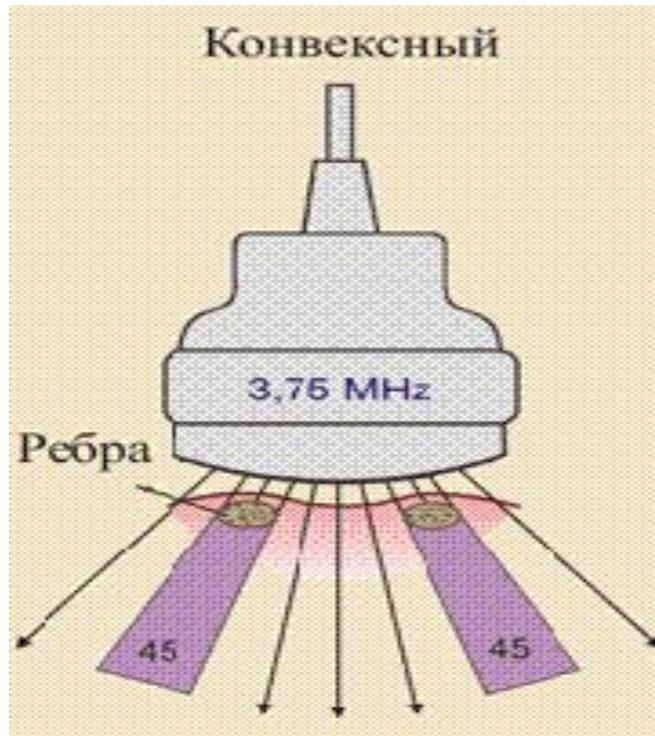
Линейные датчики.

- Преимущества: соответствие исследуемого органа положению самого датчика на поверхности тела, высокое разрешение в поле, расположенном близко к датчику
- Недостатком линейных датчиков является сложность обеспечения во всех случаях равномерного прилегания поверхности датчика к коже пациента, что приводит к искажениям получаемого изображения по краям. Размер линейных датчиков от 3 до 10 см.



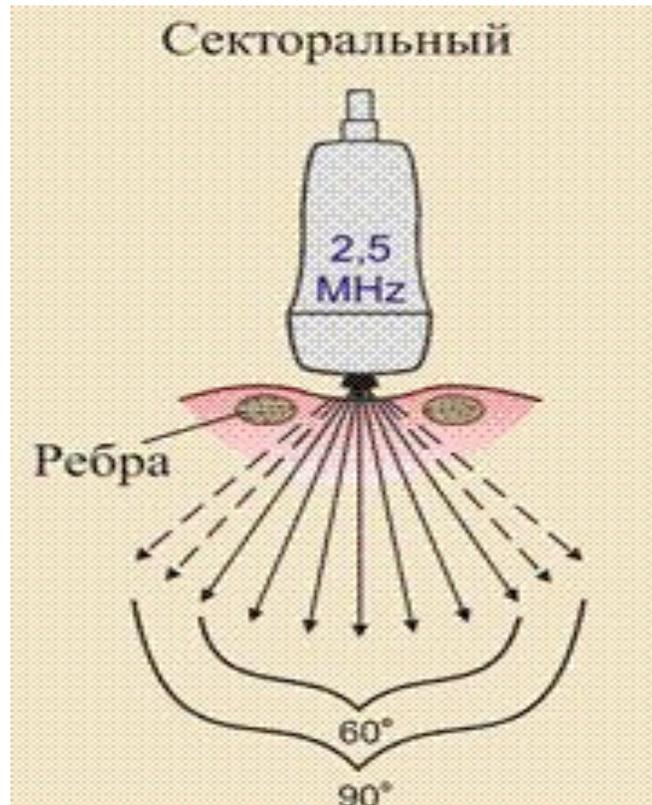
Конвексные датчики.

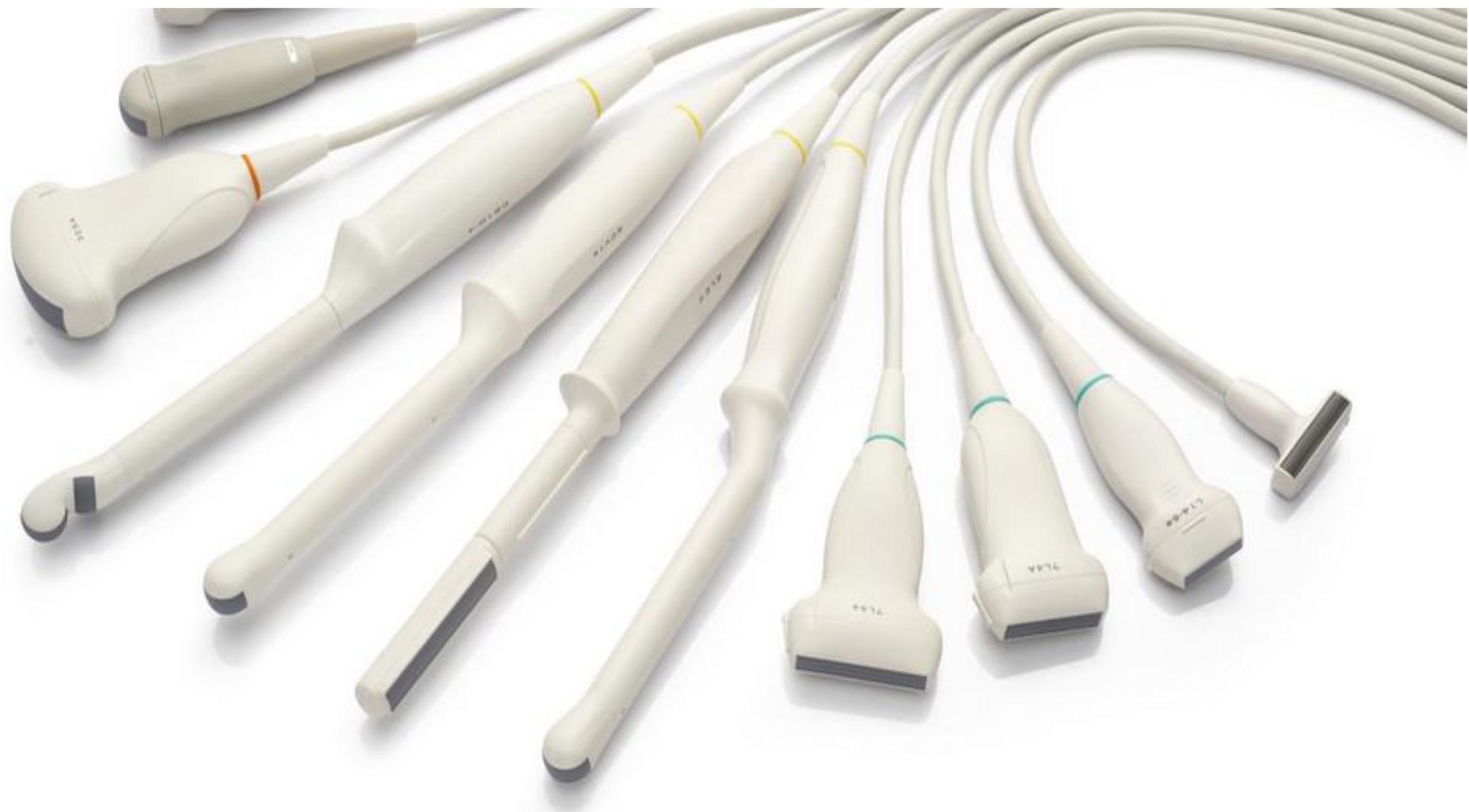
- имеет меньшую длину, поэтому легче добиться равномерности его прилегания к коже пациента. У них уменьшен размер, но область сканирования увеличена, в ближней зоне разрешение остается высоким



Секторные датчики.

- имеют еще большее несоответствие между размерами датчика и получаемым изображением, поэтому используется преимущественно в тех случаях, когда необходимо с маленького участка тела получить большой обзор на глубине.





Режим работы УЗ – сканера.

- *А-режим.* Методика даёт информацию в виде одномерного изображения, где первая координата, это амплитуда отраженного сигнала от границы сред с разным акустическим сопротивлением, а вторая расстояние до этой границы. Зная скорость распространения ультразвуковой волны в тканях тела человека, можно определить расстояние до этой зоны, разделив пополам (так как ультразвуковой луч проходит этот путь дважды) произведение времени возврата импульса на скорость ультразвука.
- *В-режим.* Методика даёт информацию в виде двумерных серошкальных томографических изображений анатомических структур в масштабе реального времени, что позволяет оценивать их морфологическое состояние.
- *М-режим.* Методика даёт информацию в виде одномерного изображения, вторая координата заменена временной. По вертикальной оси откладывается расстояние от датчика до лоцируемой структуры, а по горизонтальной — время. Используется режим в основном для исследования сердца. Дает информацию о виде кривых, отражающих амплитуду и скорость движения кардиальных структур.

Применение в медицинской практике:

Ультразвуковое исследование играет важную роль в постановке диагноза заболеваний внутренних органов, таких как:

- брюшная полость и забрюшинное пространство
 - печень
 - жёлчный пузырь и желчевыводящие пути
 - поджелудочная железа
 - селезёнка
 - почки
- органы малого таза
 - мочеточники
 - мочевого пузыря
 - предстательная железа



ACCUVIX
XQ

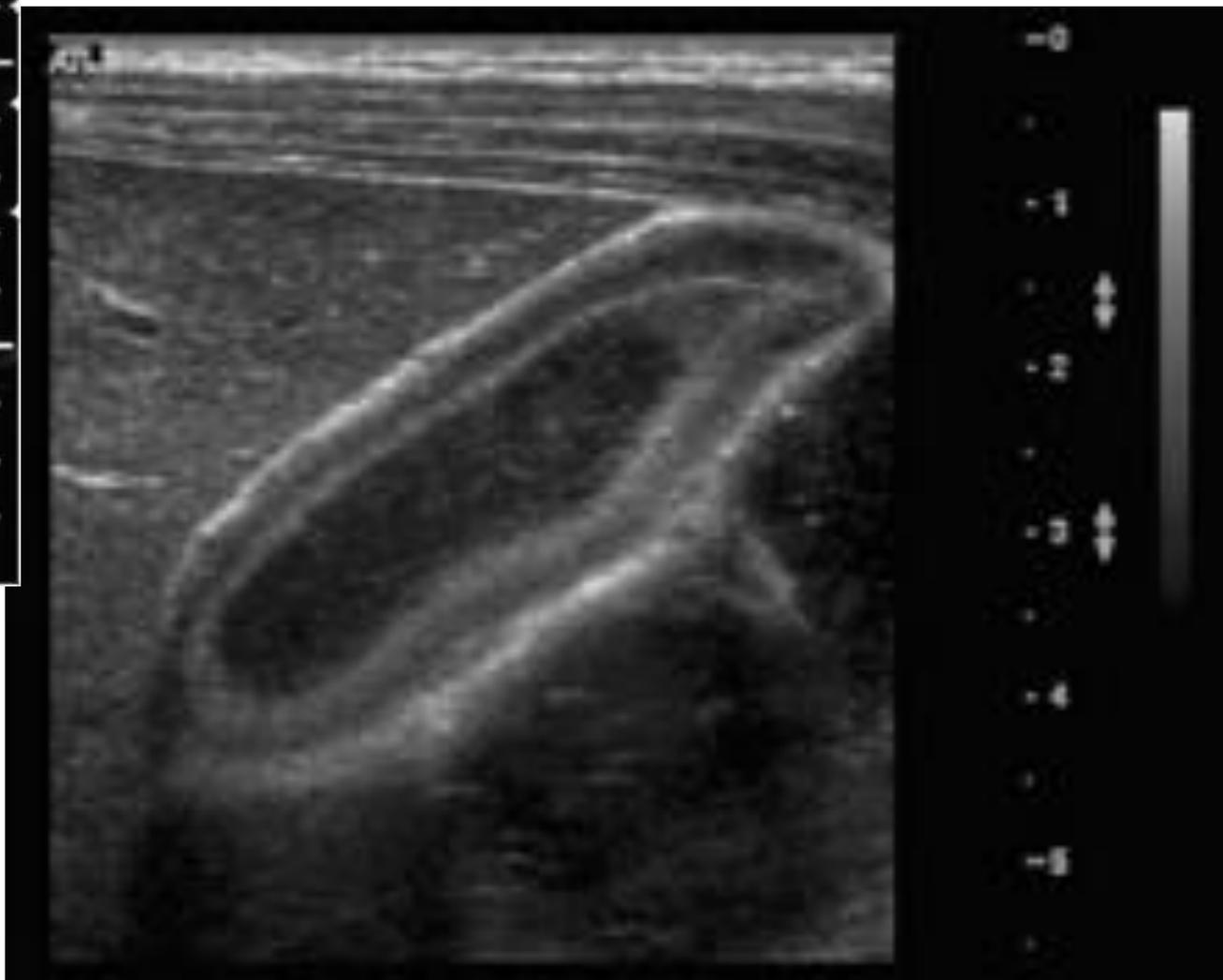
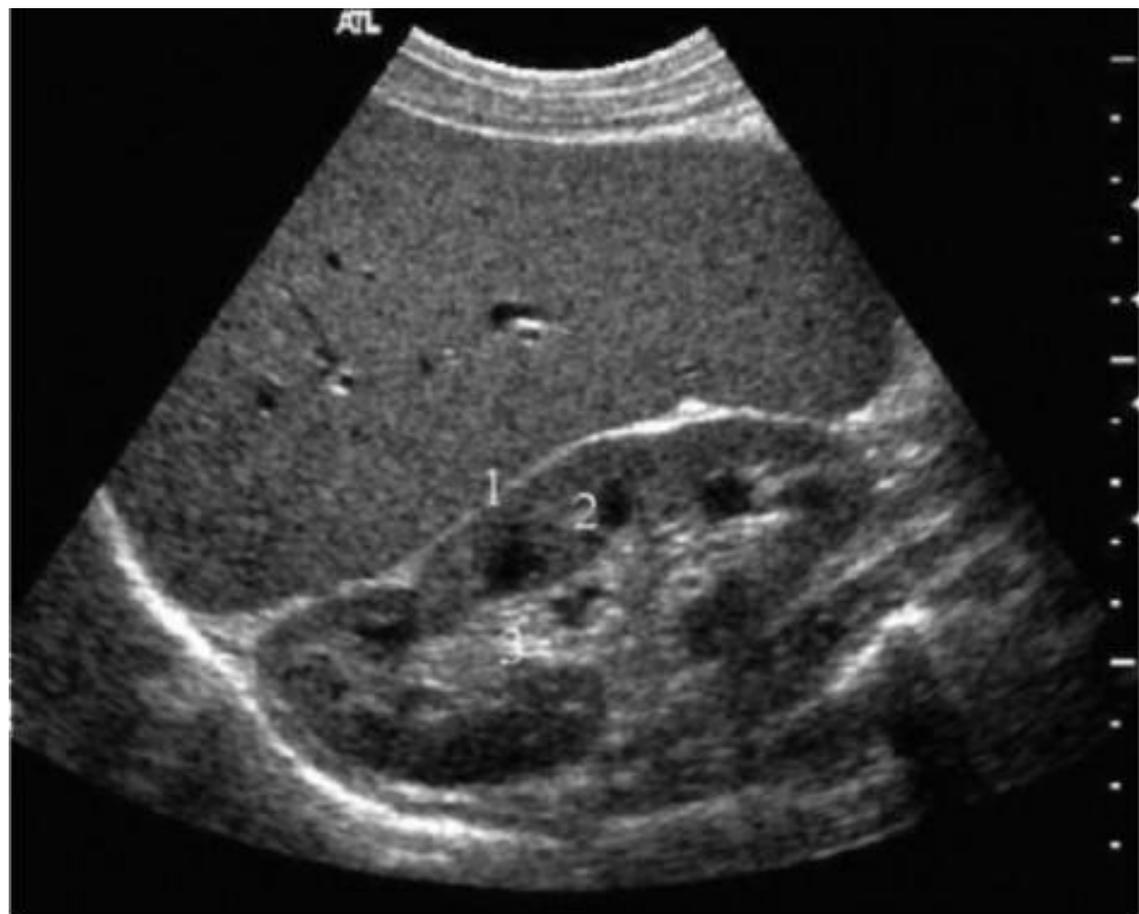
Abdomen

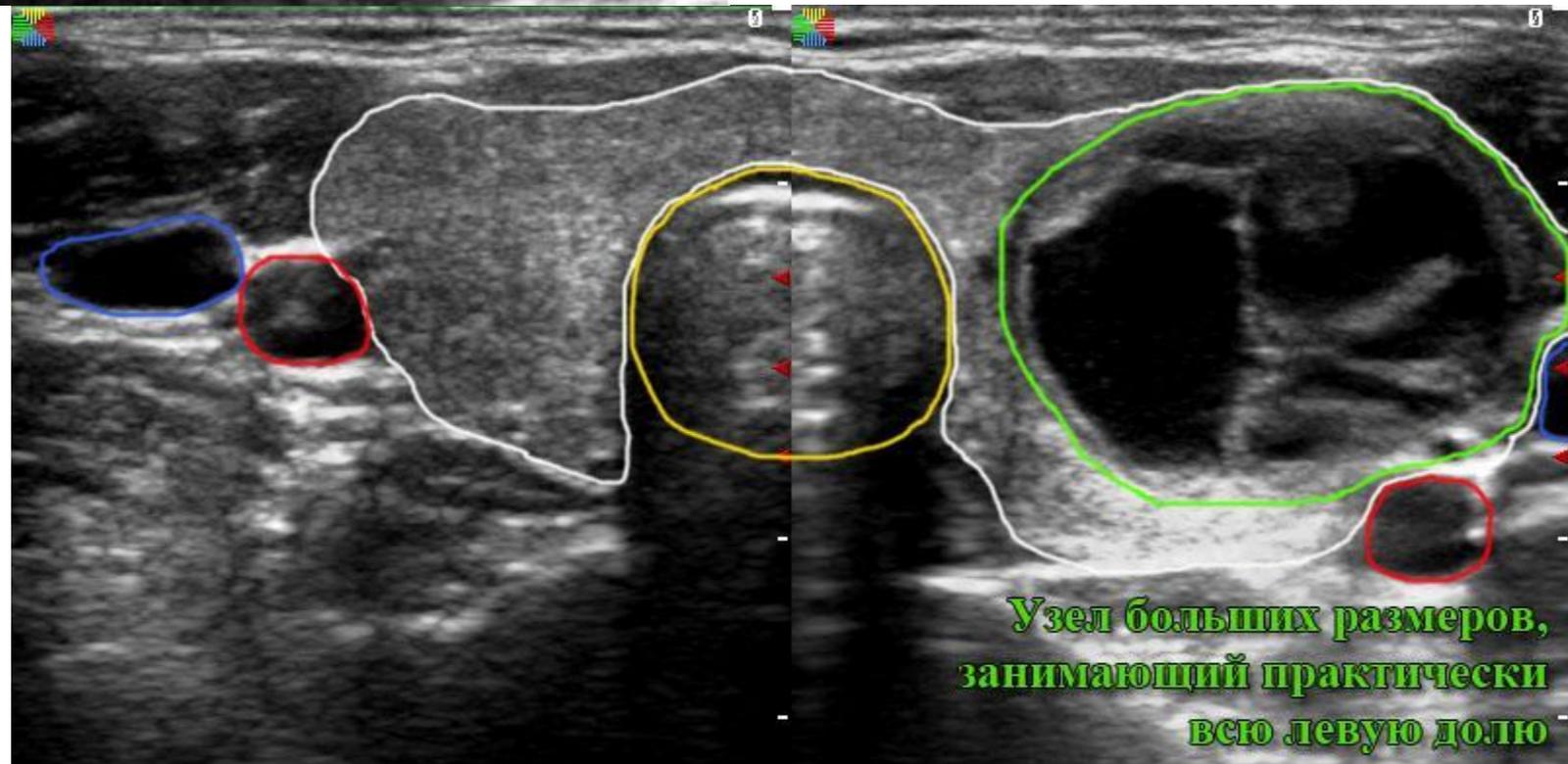
#73 / 15.0cm MI 0.8
C3-7IM / Gen TI 0.2 | 12:58:48 pm

[2D] G39 / 80dB
FA2 / P90

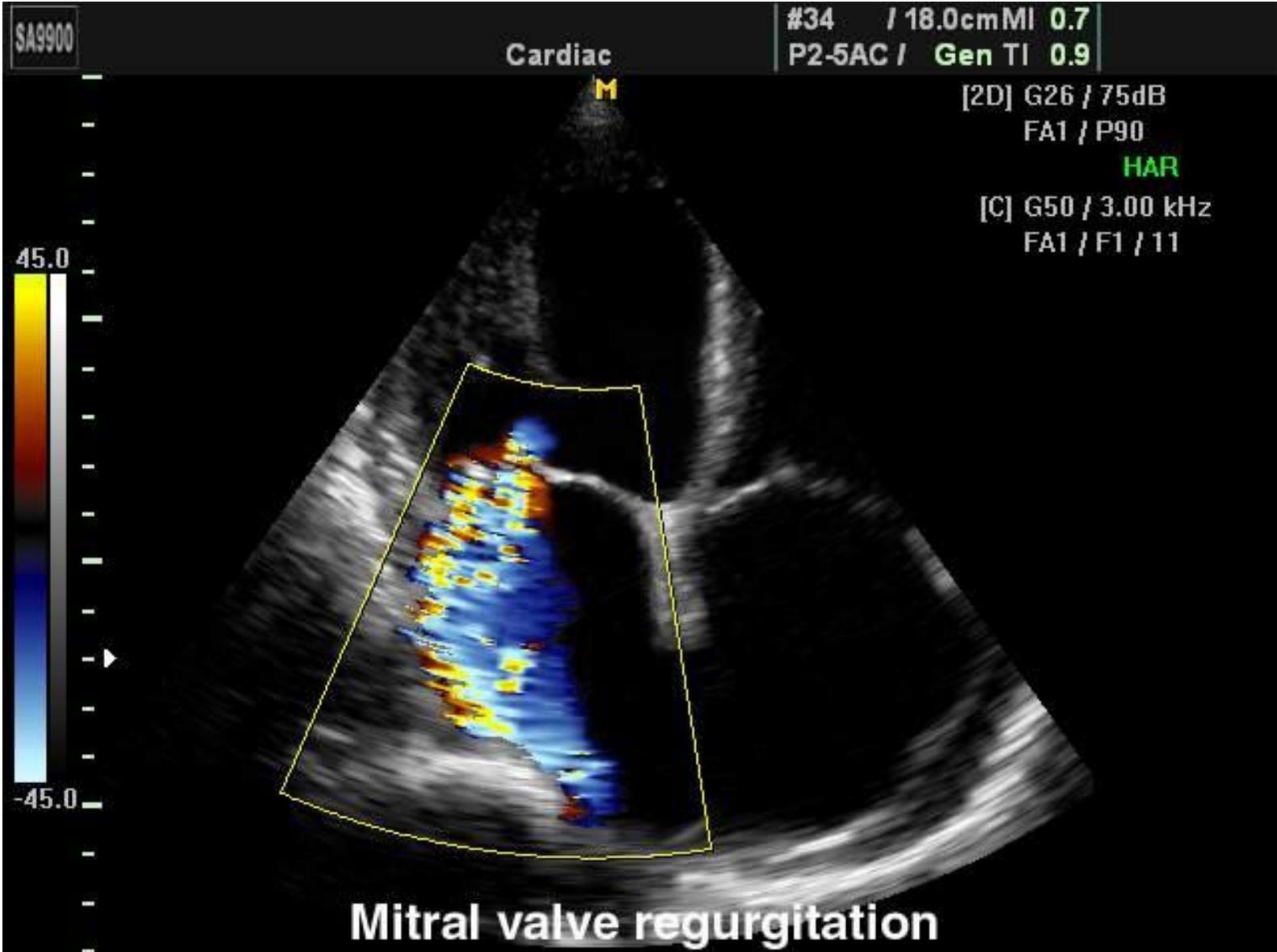


Renal stone





- Эхокардиография (ЭхоКГ) — это ультразвуковая диагностика заболеваний сердца. В этом исследовании оцениваются размеры сердца и его отдельных структур, наличие и объём жидкости в перикарде, состояние клапанов сердца.
- С помощью специальных расчетов и измерений ЭхоКГ позволяет определить массу сердца, сократительную способность сердца.
- Существуют зонды, которые помогают во время операций на сердце следить за работой митрального клапана, расположенного между желудочком и предсердием.



- Эхоэнцефалография, как и доплерография, встречается в двух технических решениях: А-режим (в строгом смысле не считается ультразвуковым исследованием, а выполняется в составе функциональной диагностики) и В-режим, получивший неофициальное название «нейросонография». Так как ультразвук не может эффективно проникать сквозь костную ткань, нейросонография выполняется грудным детям и не применяется для диагностики головного мозга у взрослых.
- Однако уже разработаны материалы, которые помогут ультразвуку проникать через кости организма.

ГИНЕКОЛОГИЯ.

- Ультразвуковое исследование используется для изучения внутренних половых органов женщины, состояния беременной матки, анатомии и мониторинга внутриутробного развития плода.
- Этот эффект широко применяется в акушерстве, так как звуки, идущие от матки, легко регистрируются. На ранней стадии беременности звук проходит через мочевой пузырь. Когда матка наполняется жидкостью, она сама начинает проводить звук. Положение плаценты определяется по звукам протекающей через неё крови, а через 9 — 10 недель с момента образования плода прослушивается биение его сердца. С помощью ультразвукового исследования можно также определять количество зародышей или констатировать смерть плода. Трехмерное ультразвуковое исследование дает дополнительную диагностическую информацию для диагностики аномалий лица, оценки дефектов нервной трубки и пороков развития скелета

