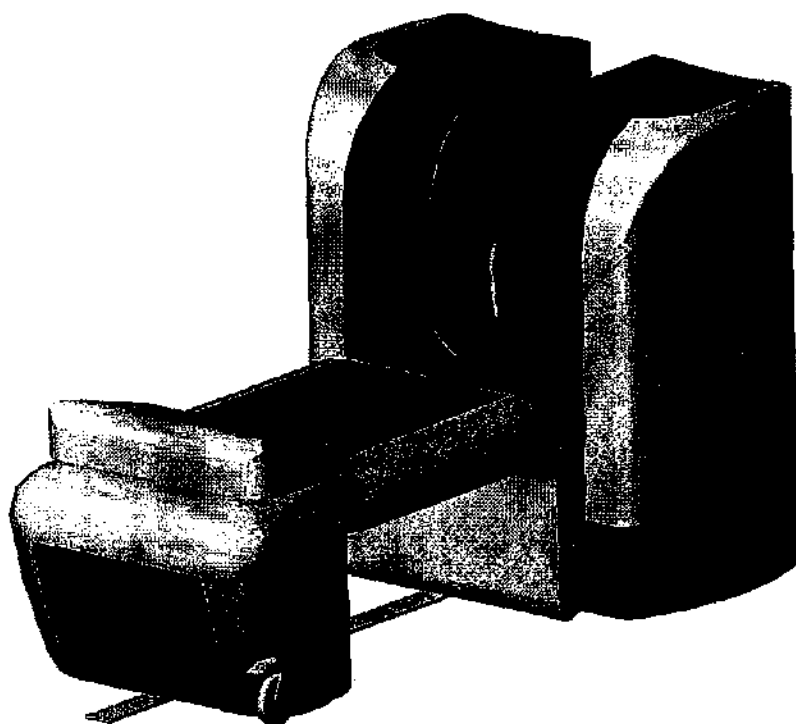


**ТОМОГРАФ МАГНИТНО – РЕЗОНАНСНЫЙ НА БАЗЕ
ПОСТОЯННОГО МАГНИТА ТМР_{ПМ} – «РЕНЕКС»
для получения изображений суставов конечностей**

Руководство по эксплуатации

ЛЖКМ.9442.029.000 РЭ



**КОПИЯ ВЕРНА
ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР
ООО «С.П. ГЕЛНИК»
А. Б. МИШКИНС**



СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	3
1 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ	5
1.1 Общие требования безопасности.....	5
1.2 Меры безопасности при обследовании пациентов.....	6
1.2.1 Воздействие постоянного магнитного поля.....	6
1.2.2 Воздействие высокочастотного электромагнитного поля.....	7
1.2.3 Воздействие переменного магнитного поля.....	7
1.3 Предупреждающие и запрещающие знаки.....	8
2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ	9
2.1 Состав оборудования.....	9
2.1.1 Размещение оборудования томографа.....	9
2.1.2 Системы томографа.....	11
2.1.3 Комплект поставки.....	15
2.2 Технические характеристики.....	16
2.2.1 Магнит.....	16
2.2.2 Градиентная система.....	16
2.2.3 Передатчик.....	16
2.2.4 Приемно-передающие катушки.....	17
2.2.5 Рабочее место оператора.....	17
2.2.6 Спектрометр.....	17
2.2.7 Рабочее место врача.....	18
2.2.8 Стол пациента.....	18
2.2.9 Математическое обеспечение.....	18
2.2.10 Условия эксплуатации.....	19
2.3 Техническое обслуживание.....	20
2.4 Санитарно-гигиеническое обслуживание.....	22
3 ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАЦИЕНТА	23
3.1 Включение томографа.....	23
3.2 Подготовка к обследованию.....	23
3.3 Исследование нижних конечностей.....	24
3.4 Исследование верхних конечностей.....	25
4 ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	26
4.1 Структура интерфейса пользователя.....	26
4.2 Последовательности сканирования.....	27
4.2.1 Типы последовательностей.....	27
4.2.2 Выбор параметров.....	34
4.3 База данных пациентов и изображений TOMBASE.....	38
4.4 Интерфейс управления сканированием и сбора данных TOMMAN.....	52
4.5 Интерфейс просмотра и анализа томограмм IMAGIC.....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73
ПРИЛОЖЕНИЕ В	74

ВВЕДЕНИЕ

Томограф магнитно-резонансный на базе постоянного магнита ТМРнм-«РЕНЕКС» для получения изображений суставов конечностей человека (далее по тексту – томограф) является медицинским диагностическим аппаратом, предназначенным для получения изображений суставов конечностей в плоско-параллельных срезах в трех основных сечениях (аксиальном, сагиттальном и коронарном), и в наклонных сечениях с углом наклона до 45 градусов.

Томограф позволяет визуализировать и исследовать внутренние структуры конечностей и суставов:

- голени;
- коленного сустава;
- стопы;
- лодыжки;
- локтевого сустава;
- запястья;
- кисти.

Для получения изображений в томографе используется принцип магнитного резонанса ядер водорода (протонов), позволяющий получать картину плотностей распределения протонов в исследуемом объекте.

Контраст изображений распределения протонов зависит от специфических времен спин-спиновой и спин-решетчатой релаксации исследуемых тканей и при интерпретации опытными врачами-диагностами предоставляет врачу ценную диагностическую информацию. Информативность получаемых изображений дает возможность выявлять патологии, не обнаруживаемые при обычном рентгеновском исследовании.

Томограф представляет собой малогабаритный специализированный МР- томограф, выполненный на базе постоянного магнита U-образной открытой конструкции с напряженностью магнитного поля 0.23 Т.

Томографический комплекс включает в себя пять основных частей:

- экранированная радиочастотная комната
- магнитная система со столом пациента
- рабочее место оператора
- силовая стойка
- рабочее место врача (вторая независимая консоль)

Использование постоянного магнита существенно повышает надежность системы и снижает эксплуатационные затраты за счет низкого потребления электроэнергии и отсутствия сложной и дорогостоящей системы охлаждения.

Открытая конструкция магнита обеспечивает свободный доступ врача к объекту исследования, в том числе в процессе сканирования.

Настоящее Руководство предназначено для ознакомления медицинского и инженерного персонала с устройством и принципом действия томографа, его техническими характеристиками, составом, взаимодействием основных частей, а

также содержит необходимые инструкции для включения ,настройки ,технического обслуживания и непосредственно работы на томографе.

1 УКАЗАНИЕ МЕР БЕЗОПАСНОСТИ

1.1 Общие требования безопасности

Общие требования безопасности соответствуют ГОСТ Р 50267.0 и ГОСТ Р 50267.33 :

- по типу защиты от поражения электрическим током томограф относится к 1 классу; по степени защиты от поражения электрическим током томограф относится к типу В (исключена возможность соприкосновения пациентов и персонала с токоведущими частями электрических цепей в условиях нормальной эксплуатации, заземлены металлические части томографа, которые могут отказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции).
- каких – либо специальных мер для предотвращения опасности поражения пациента и персонала электрическим током при нормальном функционировании томографа не требуется. Медицинский персонал должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже I;
- по степени защиты от вредного проникновения воды томограф относится к обычным изделиям (изделие с корпусом без защиты от проникновения воды);
- по степени безопасности применения при наличии горючих смесей томограф относится к изделиям, не пригодным для эксплуатации при наличии горючих смесей анестетика с воздухом либо с кислородом или закисью азота.

Минимальное сопротивление изоляции (сетевая цепь – доступные металлические части томографа) должно быть не менее 10 МОм.

Ток утечки на землю не должен превышать 5 мА при нормальном состоянии и 10 мА в условиях единичных нарушений. Ток утечки на корпус не должен превышать 0,1 мА в нормальном состоянии и 0,5 мА в условиях единичных нарушений.

По электромагнитной совместимости томограф соответствует ГОСТ Р 50267.0.2:

- уровень постоянного магнитного поля, создаваемый томографом на рабочих местах обслуживающего персонала, не должен превышать 10 мТл
- напряженность электромагнитного поля радиочастот при работе томографа на рабочем месте персонала в течение 8-часового рабочего дня должна быть:
 - на частотах 0,06 – 3 МГц $E < 50$ В/м, $H < 5$ А/м;
 - на частотах 3 – 30 МГц $E < 30$ В/м;
 - на частотах 30 – 300 МГц $E < 10$ В/м
- напряженность электростатического поля на рабочем месте персонала должна быть не более 20 кВ/м.

Расстояние от изоцентра магнитной системы томографа до эквипотенциальных поверхностей поля с уровнем индукции 5 Гс, определяющих границы области контролируемого доступа, должно составлять:

по оси X – не более 1,1 м;

по оси Y – не более 0,8 м;

Измеренная карта расположения линий эквипотенциальных поверхностей с уровнем индукции 5 Гс относительно изоцентра магнита приведена на рис.1

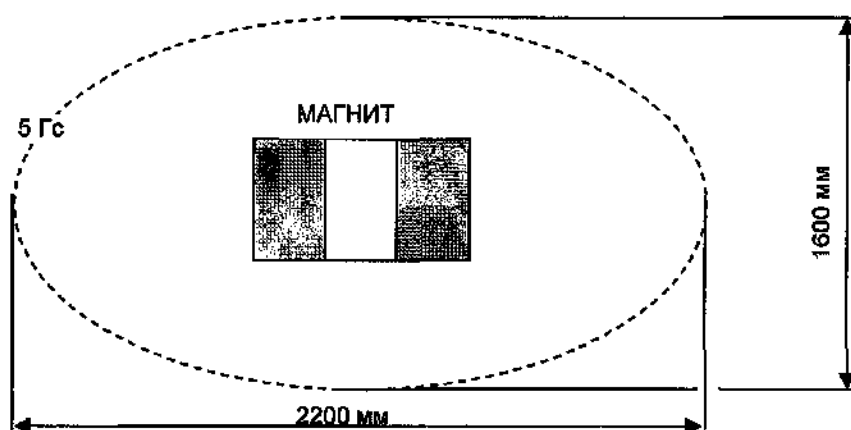


Рис.1

1.2 Меры безопасности при обследовании пациентов

1.2.1 Воздействие постоянного магнитного поля

Постоянное магнитное поле, всегда присутствующее в зазоре магнитной системы, создает значительные силы, действующие на любые ферромагнитные предметы, оказывающиеся в зоне действия поля. Эти силы могут вызвать перемещение посторонних ферромагнитных предметов, внесенных в зазор магнита, и явиться причиной нанесения травм.



При подготовке к обследованию необходимо произвести проверку на наличие посторонних ферромагнитных предметов в одежде и на теле пациента

Постоянное магнитное поле также воздействует на ферромагнитные предметы внутри тела человека и может вызвать смещение хирургических клипсов или других имплантантов, содержащих ферромагнитные материалы.

Перед обследованием пациент обязан заполнить анкету безопасности (Приложение А), гарантирующую отсутствие у него ферромагнитных имплантантов.



Пациенты с ферромагнитными имплантантами к магнитно-резонансному обследованию не допускаются

Постоянное магнитное поле наряду с высокочастотным электромагнитным полем может взаимодействовать с водителем сердечного ритма (кардиостимулятором)



Пациенты с кардиостимуляторами к магнитно-резонансному обследованию не допускаются

Во избежание повреждения или ущерба не следует приближать к магниту следующие предметы:

- механические часы;
- кредитные или телефонные карточки;
- мобильные телефоны
- гибкие диски и другие магнитные носители информации;
- лабораторные приборы (стрелочные).

1.2.2 Воздействие высокочастотного электромагнитного поля

Часть энергии высокочастотных радиоимпульсов, используемых в томографе в процессе получения изображений, поглощается поверхностными тканями тела.

Биологический эффект высокочастотного электромагнитного поля проявляется в местном нагреве тканей, что может приводить к повышению температуры тела на 1° и более и вызывать дискомфорт пациента.

Количественно этот эффект выражается в количестве поглощенной тканями электромагнитной энергии, отнесенной к весу пациента (удельная поглощенная мощность – УПМ) и выражается в Вт/кг.

В соответствии с ГОСТ Р 50267.33-99 безопасный уровень УПМ ограничен величиной 3 Вт/кг в среднем за любой 10-минутный промежуток времени. Реальное предельное значение УПМ, измеренное для томографа RENEX не превышает 0.4 Вт/кг.

1.2.3 Воздействие переменного магнитного поля

Переменное магнитное поле возникает в процессе сканирования из-за изменения тока в градиентных катушках. В соответствии с законом Фарадея переменное магнитное поле, создаваемое градиентными катушками, наводит индукционные токи в теле человека в плоскости, перпендикулярной основному магнитному полю.

Индукционные токи стимулируют сердечную деятельность, мускулы и периферическую нервную систему, вызывая дискомфортные ощущения.

Влияние индукционных токов тем больше, чем больше скорость изменения напряженности магнитного поля градиентных катушек, определяемая отношением dB/dt .

В соответствии с ГОСТ Р 50267.33-99 безопасный уровень dB/dt ограничен величиной 20 Тл/с. Реальное предельное значение dB/dt , измеренное для томографа RENEX не превышает 6 Тл/с.

1.3 Предупреждающие и запрещающие знаки

На двери входа в помещение, где установлен магнит, должны быть предупреждающие и запрещающие знаки:



- сильное магнитное поле



- высокочастотное электромагнитное поле



- вход с магнитными имплантатами запрещен



- вход с кардиостимуляторами запрещен



- вход с металлическими предметами и приборами запрещен



- вход с мобильными телефонами и другими электромагнитными устройствами запрещен

2 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

2.1 Состав оборудования

2.1.1 Размещение оборудования томографа

Конструктивно томографический комплекс состоит из пяти основных частей (рис.2):

- экранированная радиочастотная комната
- магнитная система со столом пациента
- силовая стойка
- рабочее место оператора
- рабочее место врача (вторая независимая консоль)

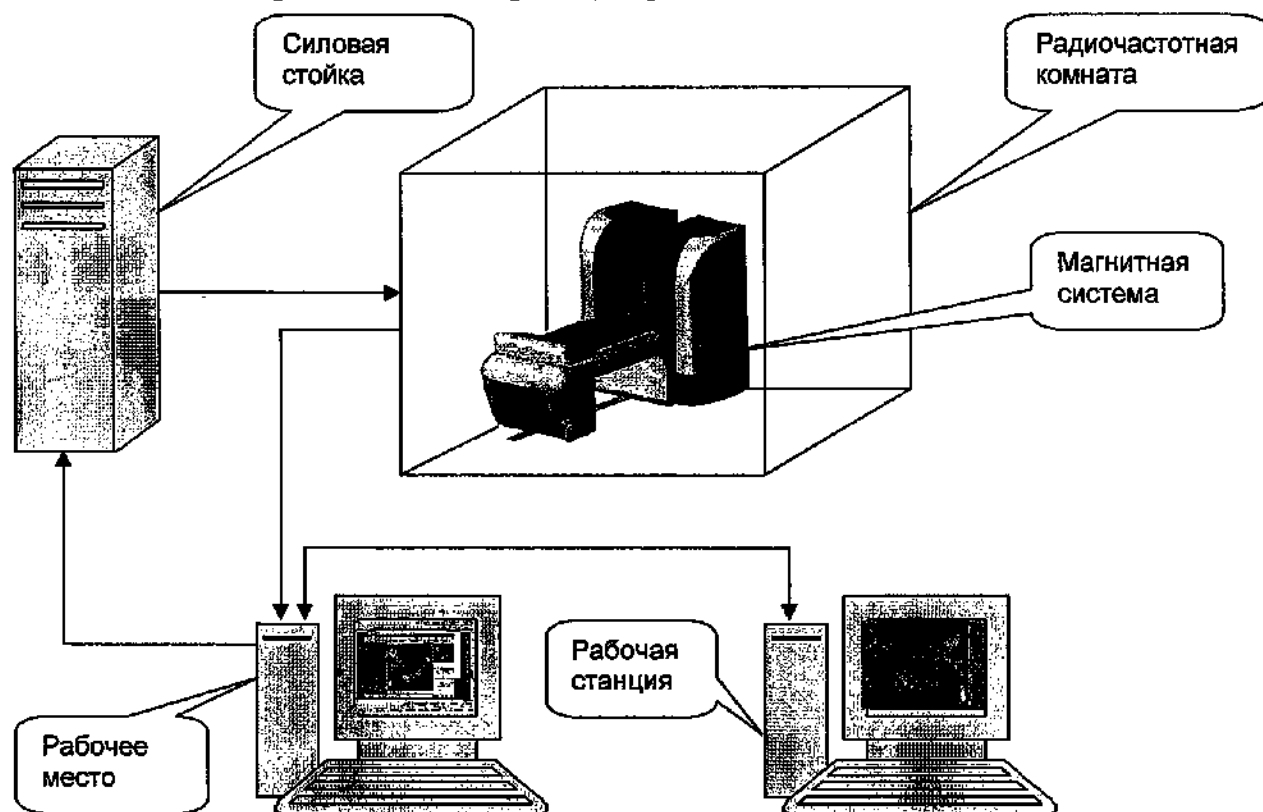


Рис.2

Радиочастотная комната представляет собой замкнутую клетку Фарадея, внутри которой устанавливается магнитная система. Назначение радиочастотной комнаты – подавление внешних радиопомех, воспринимаемых по эфиру приемными катушками. Для исключения прохождения радиопомех по соединительным кабелям все соединительные кабели между магнитной системой с одной стороны, и силовой стойкой и рабочим местом оператора с другой стороны, вводятся в радиочастотную комнату через блок радиочастотных фильтров.

В силовой стойке смонтированы усилитель градиентов, передатчик, система управления термостатированием магнита и система управления компенсацией внешних электромагнитных полей.

Рабочее место оператора включает в себя головной персональный компьютер (ПК) и спектрометр, управляющий работой систем томографа и конструктивно размещенный в системном блоке головного ПК.

Рабочее место врача представляет собой вспомогательный ПК, соединенный локальной сетью с основным ПК. Рабочее место врача обеспечивает возможность параллельной работы – в процессе сканирования текущего пациента врач может на компьютере рабочей станции анализировать, описывать и выводить твердые копии изображений пациентов, уже прошедших обследование на томографе.

Для размещения оборудования томографа требуется помещение не менее 20 м².

Пример размещения приведен на рис.3:

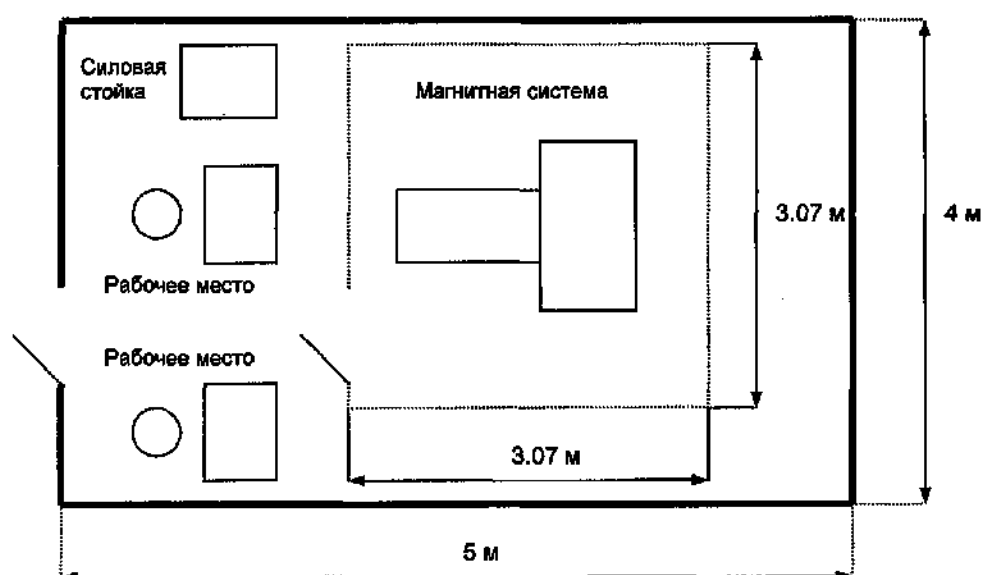


Рис.3

2.1.2 Системы томографа

Функциональная схема томографа приведена на рис.4:

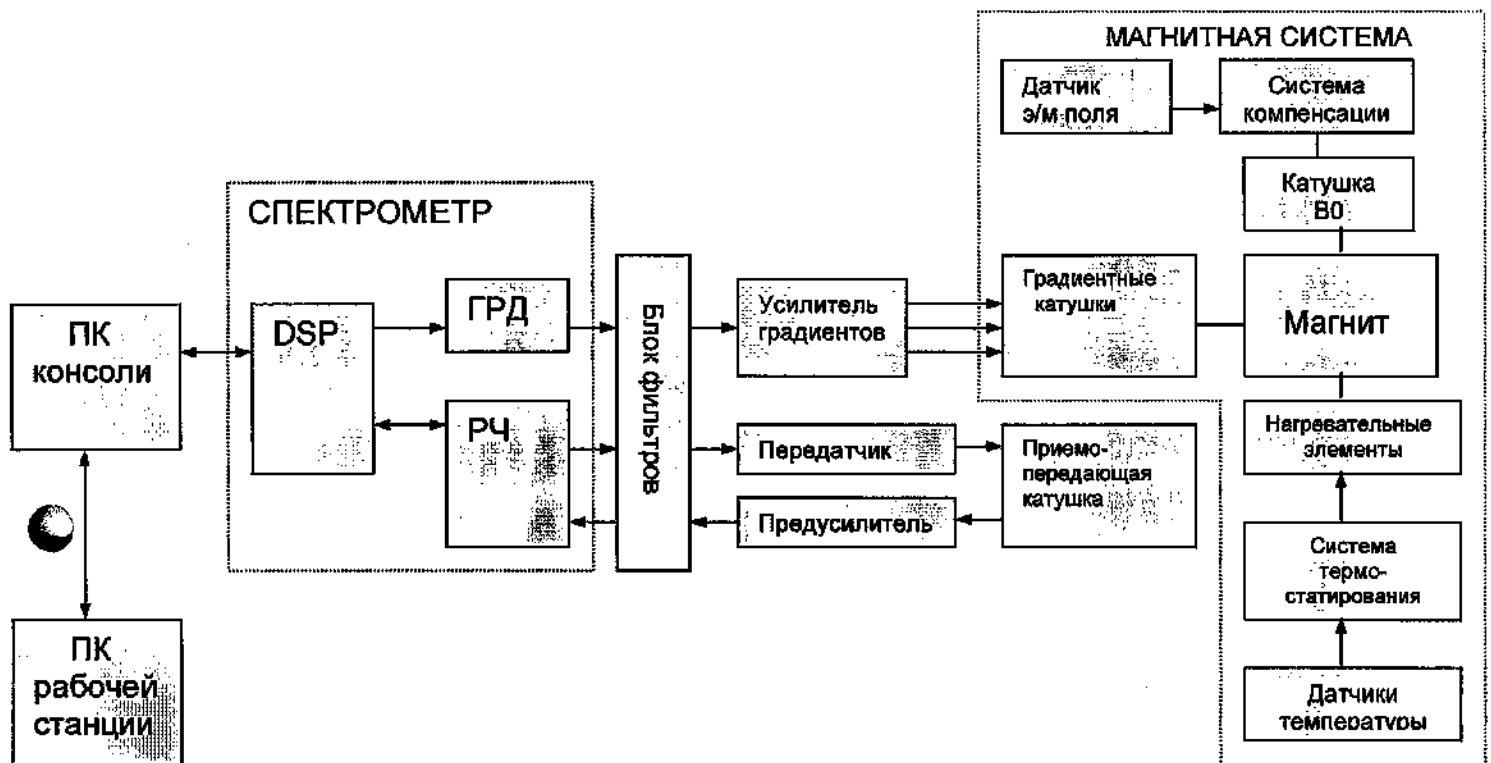


Рис.4

В состав томографа входят следующие системы:

Магнитная система

Магнитная система предназначена для создания высокооднородного постоянного магнитного поля в зоне обследования, представляющей собой эллипсоид с осями 120x140 мм.

Система состоит из:

- стального U-образного ярма;
- дисковых полюсных наконечников;
- магнитного материала, выполненного из блоков NdFeB;
- плоских градиентных катушек, предназначенных для создания градиентных магнитных полей в трех ортогональных направлениях;
- катушки В0, служащей для коррекции основного магнитного поля;
- системы пассивного шиммирования, предназначенной для тонкой подстройки однородности основного магнитного поля.
- системы термостатирования, поддерживающей постоянную температуру магнитного материала

Постоянное магнитное поле создается блоками магнитного материала, намагниченными и сориентированными в пространстве таким образом, чтобы суммарное поле, создаваемое между полюсами магнита, было направлено вдоль линии, соединяющей центры полюсов. Ярмо служит в качестве магнитопровода, замыкающего силовые линии магнитного поля, что повышает его напряженность и позволяет иметь малые поля рассеивания.

Для тонкой подстройки однородности поля используется система пассивного шиммирования, представляющая собой набор плоских магнитных таблеток, установленных в определенных позициях на плоскостях обоих наконечников. Установка таблеток производится изготовителем в процессе настройки каждого образца.

Плоские градиентные катушки, расположенные симметрично в зазоре между полюсами магнита, обеспечивают возможность создания линейных градиентных магнитных полей в трех взаимно перпендикулярных плоскостях X, Y, Z.

Для коррекции основного магнитного поля служит катушка B0. При подаче в нее тока она создает магнитное поле параллельное полю основного магнита, увеличивая или уменьшая последнее в зависимости от направления тока.

Система термостатирования

Свойства магнитного материала и напряженность создаваемого магнитного поля изменяются в зависимости от температуры. Для нормального функционирования томографа необходимо стабилизировать основное магнитное поле с относительной точностью порядка 10^{-5} . Эту задачу выполняет система термостатирования, обеспечивающая поддержание постоянной температуры магнита с точностью $\pm 0.5^\circ \text{C}$ в условиях изменяющейся внешней температуры окружающего воздуха. Система состоит из нагревательных элементов, установленных под кожухом магнита, датчиков температуры и блока управления, который в зависимости от показаний датчиков меняет ток в нагревательных элементах, поддерживая таким образом заданную температуру.



Не допускается отключать систему термостатирования магнита

С целью соблюдения температурного режима рекомендуется не оставлять надолго открытыми двери в диагностическое помещение.

Блок радиочастотных фильтров

Ввод питающих и сигнальных проводов в радиочастотную комнату производится через систему фильтров, подавляющих радиопомехи, которые могут наводиться на проводах, вводимых в радиочастотную комнату, и приниматься приемной катушкой.

Ввод кабелей электропитания подсистем томографа, расположенных в помещении магнита, и кабелей питания градиентных катушек осуществляется через низкочастотные фильтры, состоящие из дросселей и проходных конденсаторов.

Соединительные кабели передатчика и предусилителя входят в радиочастотную комнату через проходные разъемы, смонтированные в блоке фильтров и имеющие с ним общую землю.

Система компенсации электромагнитных полей

Система компенсации электромагнитных полей предназначена для ослабления влияния на работу томографа низкочастотных (16-50 Гц) электромагнитных полей, которые могут присутствовать в помещении томографа и связаны с расположенными поблизости устройствами, излучающими низкочастотные электромагнитных поля (трансформаторы, лифты, троллейбусные линии).

Система включает в себя датчик электромагнитного поля и блок управления. Блок управления использует показания датчика для формирования компенсационного сигнала на обмотку В0 магнита для коррекции основного магнитного поля.

Рабочее место оператора

Рабочее место оператора включает в себя основной ПК на базе процессора Pentium IV и спектрометр, управляющий системами томографа.

В ПК реализована программа интерфейса пользователя, позволяющая регистрировать пациента, задавать режим и параметры сканирования, запускать и останавливать процесс сканирования, реконструировать и анализировать полученные изображения.

Спектрометр предназначен для выдачи управляющих сигналов и команд в системы томографа, а также приема и обработки сигналов, поступающих от приемной катушки через предусилитель.

Спектрометр конструктивно выполнен в корпусе основного ПК и состоит из трех специализированных плат:

- плата сигнального процессора (DSP);
- плата градиентов (ГРД);
- радиочастотная плата (РЧ)

В плате сигнального процессора реализована программа управления системами томографа, работающая во взаимодействии с основной программой интерфейса пользователя и реализующая заданную временную диаграмму последовательности сканирования. В процессе работы программа в заданные моменты времени осуществляет выдачу градиентных импульсов на плату ГРД, передающих импульсов на плату РЧ и осуществляет прием цифровых потоков от приемника РЧ-платы и их трансляцию в ПК для дальнейшей обработки и реконструкции изображений.

Плата ГРД содержит интерфейс с DSP, цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), низкочастотные фильтры и согласующие усилители.

Плата ГРД предназначена для приема цифровых градиентных импульсов от платы DSP, их преобразования в аналоговые напряжения и выдачу на градиентные усилители.

Плата РЧ содержит интерфейс с платой DSP, цифровой передатчик с выходными ЦАП и цифровой квадратурный приемник с входным быстродействующим АЦП, осуществляющем прямое цифровое преобразование принимаемого сигнала.

Выходы РЧ – платы соединяются со входами передатчика, а вход РЧ – платы – с выходом предусилителя.

Передатчик

Передатчик служит для усиления радиочастотных импульсов, поступающих с РЧ-платы спектрометра. Нагрузкой для передатчика является передающая катушка, формирующая высокочастотное электромагнитное поле, возбуждающее спины протонов в исследуемом объекте.

Градиентные усилители

Блок градиентных усилителей включает в себя источник питания, блок управления и три усилителя, связанных с соответствующими градиентными катушками. На входы усилителей поступают импульсы градиентов с платы ГРД спектрометра. Усиленные токовые импульсы с выхода градиентных усилителей поступают в градиентные катушки. Градиентные катушки устроены таким образом, что при подаче в них тока формируются магнитные поля, совпадающие по направлению с основным магнитным полем и линейно изменяющиеся вдоль соответствующей пространственной оси X, Y или Z.

Приемо-передающие катушки

Приемо-передающие радиочастотные катушки предназначены для возбуждения в зазоре магнита высокочастотного электромагнитного поля в момент действия передающего радиоимпульса и приема сигнала, излучаемого спиновой системой возбужденного объекта при возвращении в устойчивое состояние.

Функции передачи и приема выполняет одна и та же катушка, настроенная на резонансную частоту магнита и снабженная схемой автоматического переключения с передачи на прием и обратно. Катушки имеют входной разъем, подключаемый к выходу передатчика и выходной разъем для связи со входом предусилителя.

Предусилитель

Предусилитель представляет собой высокочастотный узкополосный усилитель с малым собственным шумом и служит первой ступенью усиления сигнала, принимаемого с катушки

2.1.3 Комплект поставки

Комплект поставки томографа соответствует указанному в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Тип/производитель	Кол-во
Томограф магнитно – резонансный на базе постоянного магнита ТМРпм – «РЕНЕКС» для получения изображений суставов конечностей человека исп. 1, включающий в себя:	ЛЖКМ.9442.029.000	1
1 Основную систему в составе:		
1.1 Магнитная система	ЛЖКМ.9442.029.001 или MSL-0.23T Medical Scientific, USA	1
1.2 Система термостатирования магнита	ЛЖКМ.9442.029.002	1
1.3 Блок РЧ – фильтров	ЛЖКМ.9442.029.003	1
1.4 Стойка обеспечения с источниками питания градиентных обмоток и передатчиком	ЛЖКМ.9442.029.004	1
1.5 Прием – передающая РЧ – катушка для колена и голеностопа в 3-х исполнениях	ЛЖКМ.9442.029.005	1
1.6 Прием – передающая РЧ – катушка для кисти, запястья и локтя	ЛЖКМ.9442.029.006	1
1.7 Система компенсации электромагнитных полей	ЛЖКМ.9442.029.007	1
2 Рабочее место оператора в составе:		
2.1 Монитор	19 дюймов, 1280x1024, 80 Гц	1
2.2 Системный блок	Intel Pentium IV 3 ГГц	1
2.3 Спектрометр	ЛЖКМ.9442.029.008	1
2.4 Клавиатура		1
2.5 Источник бесперебойного питания	Smart- UPS 420	1
2.6 Устройство манипуляции типа «мышь»		1
3 Рабочее место врача в составе:		
3.1 Монитор	17 дюймов, 1280x1024, 80 Гц	1
3.2 Системный блок	Intel Pentium IV 3 ГГц	1
3.3 Клавиатура		1
3.4 Источник бесперебойного питания	Smart- UPS 420	1
3.5 Устройство манипуляции типа «мышь»		1
4 Вспомогательную систему в составе:		
4.1 Фантом	ЛЖКМ.9442.029.000 Ф	1

4.2 Лазерный принтер	HP LJ2100, Hewlett-Packard, США	1
4.3 Специализированный медицинский термопринтер	Codonics, SONY	1
4.4 РЧ - комната	ЛЖКМ.9442.029.009	1
5 Стол для позиционирования пациента	ЛЖКМ.9442.029.000 С	1
6 Эксплуатационную документацию:		
6.1 Паспорт	ЛЖКМ.9442.029.000 ПС	1
6.2 Руководство по эксплуатации	ЛЖКМ.9442.029.000 РЭ	1

2.2 Технические характеристики

2.2.1 Магнит

Тип магнита - постоянный открытый U-образной конструкции

Напряженность магнитного поля – 0.23 Т

Неоднородность магнитного поля в эллипсоиде 120x140 мм – не более 20 ppm

Поперечное сечение туннеля для пациента – 190 мм

Габариты (ДхШхВ) – 700x1100x1000 мм

Масса магнита – не более 1500 кг

Магнитный материал – NdFeB

Поле рассеивания магнита (расположение линий напряженности 5 Гс):

1.1 м в поперечном направлении

0.8 м в продольном направлении

Встроенная система термостатирования магнита с точностью поддержания температуры $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Встроенная система компенсации внешних низкочастотных (16-50 Гц) магнитных полей

2.2.2 Градиентная система

Плоские градиентные катушки без принудительного охлаждения

Максимальные градиенты – 15 мТ/м

Минимальное время переключения – 500 μs

Градиентные усилители:

- 3-х фазное питание $380\text{В} \pm 10\%$
- защита от перегрева и перегрузки
- максимальный выходной ток – 30 А
- светодиодная индикация динамики работы и состояния усилителя, выведенная на переднюю панель

2.2.3 Передатчик

Максимальная мощность – 50 Вт

Входной импеданс – 50 ом

Диапазон частот – 7-10 МГц

Нелинейные искажения – не более 1 %

Питание – $220\text{В} \pm 10\%$

Светодиодная индикация уровня прямой и отраженной мощности на передней панели

2.2.4 Приемно-передающие катушки

Соленоидальная катушка для исследования колена, лодыжки и голеностопа

Соленоидальная катушка для исследования колена увеличенного размера

Соленоидальная катушка для исследования локтя, кисти и запястья

2.2.5 Рабочее место оператора

Основной компьютер – Pentium IV 3.0 Гц

Оперативная память – 1024 Мб

Жесткий диск – 80 Гб

Монитор – 19" LCD

Локальная сеть Ethernet

CD R/W

Клавиатура

Манипулятор мышь

Источник бесперебойного питания UPS 620VA

Операционная система Windows XP

Программное обеспечение

- база данных пациентов и изображений
- программа управления сканированием
- программа визуализации и анализа изображений

2.2.6 Спектрометр

Плата DSP

- сигнальный процессор – Texas Instrument TMS320C6713
- быстродействие – 1.3 GFLOP's (операций с плавающей точкой)
- внутренняя память процессора – 256 Кб
- статическая память на плате – 2x64 Мб
- 2 последовательных порта 400 Мбит/с
- 20 - разрядный цифровой порт
- PCI – Host Port интерфейс

Плата градиентов

- четыре 16-ти разрядных ЦАП с быстродействием 250 КГц
- четыре низкочастотных фильтра
- четыре выходных дифференциальных усилителя
- опто-электронная развязка цифровой и аналоговой части
- диапазон выходных напряжений $\pm 5В$

Радиочастотная плата

- цифровой квадратурный приемник без промежуточного преобразования частоты
- входной усилитель с программируемым коэффициентом усиления
- встроенные цифровые антиалиазинговые фильтры
- разрядность АЦП приемника – 14
- быстродействие АЦП приемника – 50 МГц
- цифровой передатчик с возможностью амплитудной, частотной и фазовой модуляции
- 16 –ти разрядный ЦАП огибающей радиоимпульса
- опто-электронная развязка цифровой и аналоговой части

2.2.7 Рабочее место врача

Процессор Pentium IV ГГц

Оперативная память 1024 мб

DVD R/W

Жесткий диск 200 Гб

Манипулятор мышь

Клавиатура

Сетевая карта

Монитор LCD 19 "

Операционная система Windows XP

Программное обеспечение

- база данных пациентов и изображений
- программа визуализации и анализа изображений

2.2.8 Стол пациента

Масса – 50 кг

Габариты -1500 x 750 x 560 мм

Диапазон горизонтального перемещения – 800 мм

Угол поворота относительно направляющей $\pm 90^\circ$

Максимально допустимая нагрузка – 120 кг

2.2.9 Математическое обеспечение

Программный комплекс

- база данных пациентов и изображений
 - регистрация данных пациента,
 - просмотр пиктограмм полученных изображений
 - поиск по заданному критерию
 - автоматическое составление статистических отчетов
 - архивация изображений
 - формирование текстовых документов (описание, заключение)
 - формирование и вывод твердых копий
- программа управления сканированием
 - предварительная настройка томографа
 - выбор режимов и параметров сканирования
 - запуск/останов сканирования
 - реконструкция изображений
 - просмотр полученных изображений
 - сохранение изображений в базе данных
- программа визуализации и анализа изображений
 - просмотр изображений, сохраненных в базе данных
 - манипуляции с изображениями (увеличение/уменьшение, повороты, фильтрация, изменение яркости и контраста)
 - измерение расстояний, площадей и углов
 - измерение статистических характеристик яркостей
 - управление расположением окон с изображениями на экране

Последовательности сканирования

локалайзер в 3-х плоскостях

2D градиентное эхо (GE)

2D спин – эхо (SSE)
3D градиентное эхо (3DFLASH, 3DFISP)
турбо – спин – эхо (TSE)
мульти – эхо (MSME)
инверсия-восстановление
настроечные последовательности.

Характеристики изображений

минимальная толщина слоя - 3 мм в режимах 2D, 2 мм в режиме 3D
размер матрицы изображения – от 64х64 до 512х512
количество одновременно получаемых срезов – 16 в режимах 2D
32 в режиме 3D
ориентация плоскости сечения – аксиальная, сагиттальная,
фронтальная, наклонная с углом наклона до 45 градусов

2.2.10 Условия эксплуатации

Электропитание

Томограф работает от трехфазной сети с номинальным напряжением 380 В/220 В с отклонением напряжения, не связанным с работой томографа, ± 38 В/ ± 22 В, и частотой 50 Гц с глухо заземленной нейтралью. Для подключения томографа требуется отдельная линия питания, не связанная с электросетями медицинского учреждения и жилых зданий. Электропитание системы термостатирования томографа рекомендуется осуществлять по фидеру, не связанному гальванически с фидером питания томографа. Для обеспечения помехозащищенности томографа должен быть предусмотрен отдельный заземлитель с сопротивлением не более 4 Ом.

Температурные условия

Система кондиционирования помещения томографа должна обеспечивать поддержание температуры окружающего воздуха $22 \pm 2^\circ \text{C}$

Потребляемая мощность

В штатном режиме работы потребляемая мощность не более 5 кВт·А

2.3 Техническое обслуживание

Все работы, связанные с подготовкой томографа к эксплуатации (пуско-наладочные работы, проверка на функционирование), и ремонт томографа должны выполняться персоналом изготовителя или специалистами, уполномоченными изготовителем.

Техническое обслуживание со дня ввода в эксплуатацию, в т.ч. и в период гарантийного срока, осуществляют инженерные службы учреждений здравоохранения, предприятия «Медтехника» или персонал пользователя, прошедший специальное обучение правилам и методам эксплуатации томографа.

Претензии (рекламации) по работе томографа предприятие-изготовитель принимает в период действия гарантийного срока от учреждений здравоохранения только по заключению вышеперечисленных технических служб.

Непосредственная эксплуатация томографа должна осуществляться персоналом пользователя, прошедшим специальное обучение правилам и методам эксплуатации томографа.

Изготовитель рекомендует, чтобы в состав персонала обслуживания томографа были включены следующие специалисты (для выполнения указанных должностных обязанностей):

- врач – диагност – прием пациентов, определение необходимого протокола обследования, интерпретация томограмм и подготовка заключения;
- оператор – управление работой томографа в соответствии с руководством по эксплуатации по протоколу обследования, заданному врачом – диагностом, изготовление копий томограмм;
- инженер – техническое обслуживание томографа в объеме, предусмотренном разделом «Техническое обслуживание» настоящего руководства по эксплуатации. При нормальной эксплуатации томографа постоянного присутствия инженера не требуется;
- младший медицинский персонал – обслуживание пациента, дезинфекция оборудования, обработка помещений увлажнителями в соответствии с разделом «Санитарно – гигиеническое обслуживание» настоящего руководства по эксплуатации

Требования к персоналу в части электробезопасности приведены в разделе «Указание мер безопасности» настоящего руководства по эксплуатации.



**Запрещается проводить монтаж и ремонт частей томографа,
находящихся под напряжением**

В исключительных случаях допускается выполнение монтажных и ремонтных работ составных частей, находящихся под напряжением не выше 42 В.

Замену плавких предохранителей проводить только при обесточенных цепях.



Запрещается применение самодельных предохранителей

Обслуживающему персоналу запрещается:

- снимать защитные кожуха при наличии напряжения на контактах или зажимах изделия;
- использовать электропаяльники и переносные лампы с напряжением питания свыше 36 В.

Учет технического состояния изделия и проведенных работ по техническому обслуживанию должны регистрироваться в журнале технического обслуживания в установленном порядке.

Не реже одного раза в неделю следует проверять и, при необходимости, корректировать линейную неоднородность магнитного поля с помощью постоянных смещений градиентов. С этой целью необходимо произвести следующие операции:

- установить катушку для исследования колена в центре магнита
- поместить в центр катушки медицинский фантом
- запустить протокол “Тестирование на фантоме” для получения изображения фантома в трех проекциях. Ориентация плоскостей проекций относительно тела человека изображена на рис.5:

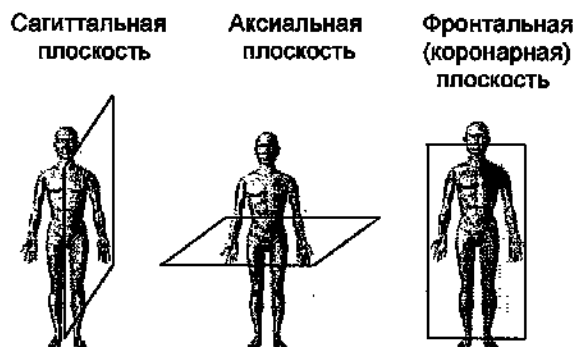


Рис.5

Линейные геометрические искажения полученных изображений проекций фантома не должны превышать 5 % от реальных геометрических размеров.

- в случае больших геометрических искажений запустить программу “Настройка однородности поля”, которая автоматически сформирует оптимальные смещения градиентов
- проверить получившийся результат повторным запуском программы “Тестирование на фантоме”

2.4 Санитарно-гигиеническое обслуживание

Элементы томографа, с которыми соприкасаются пациенты и обслуживающий персонал, должны подвергаться дезинфекции. Периодичность обработки приведена в табл. 2

Таблица 2

Поверхность	Периодичность
РЧ – катушки	После каждого применения
Наружные поверхности консоли оператора Монитор и клавиатура компьютера	Ежедневно
Наружные поверхности магнитной системы томографа	1 раз в неделю

Дезинфекцию следует проводить протиранием поверхностей марлевой салфеткой, смоченной дезинфицирующим раствором. Салфетка должна быть хорошо отжата. Экран монитора протирать сухой салфеткой при выключенном компьютере.

Для дезинфекции (по МУ-287-113) рекомендуется применять 3%-й раствор перекиси водорода по ГОСТ 177 с добавлением 0,5%-го моющего средства по ГОСТ 25644 или 1-й раствор гипохлорида кальция по ГОСТ 25263.

Периодичность применения увлажнителей и нейтрализаторов для предотвращения образования статического электричества должна устанавливаться обслуживающим персоналом в зависимости от фактических условий.

3 ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАЦИЕНТА

3.1 Включение томографа

Включение томографа выполняется в следующем порядке:

- установить катушку для исследования колена в центр магнита и соединить разъем приемо-передающего кабеля с разъемом катушки, нажимая кнопку на разъеме кабеля
- установить медицинский фантом в центре катушки
- включить UPS компьютера консоли и компьютера рабочей станции
- включить питание компьютера консоли и компьютера рабочей станции
- после загрузки компьютера консоли оператора и появления на экране монитора окна базы данных нажать ОК и войти в интерфейс базы данных
- включить силовую стойку нажатием зеленой кнопки на щитке ввода электронитания
- выбрать из меню в верхней части панели базы данных пиктограмму "Сканирование" и войти в окно Tomograph Manager 
- нажать "Новое исследование" и в появившейся панели выбрать "Тестирование на фантоме"
- запустить исследование нажатием кнопки  в меню в верхней части экрана
- примерно через 10 секунд на экране появится изображение фантома в 3-х проекциях
- закрыть окно Tomograph Manager, отказавшись от предложенного сохранения полученных изображений
- томограф готов к работе

Выключение производится в обратном порядке:

- выключить силовую стойку нажатием зеленой кнопки на щитке ввода электропитания
- на клавиатуре компьютера консоли одновременно нажать клавиши Ctrl,Alt,Del и в появившемся окне выбрать "Завершение работы"
- выключить компьютер рабочей станции стандартным образом
- выключить UPS компьютера консоли и компьютера рабочей станции

3.2 Подготовка к обследованию

При подготовке пациента к обследованию следует выяснить, имеются ли противопоказания к проведению МР- обследования.

Далее следует определить необходимый уровень медицинского контроля при проведении обследования. Для этого рекомендуется предложить пациенту заполнить анкету безопасности. Примерный вариант такой анкеты приведен в ПРИЛОЖЕНИИ А. Желательно также использовать перед обследованием металлоискатель. Однако при этом мелкие металлические предметы могут быть не обнаружены.

Перед позиционированием пациента необходимо удалить металлические предметы, которые могут иметься у пациента (цепочки, закладки, булавки, одежду с

лорексом и т.д.), и которые могут привести к появлению артефактов на изображении.

Во время проведения обследования все посторонние предметы (кресло – каталка, носилки) должны быть удалены из диагностического помещения, так как их присутствие может привести к искажениям магнитного поля.

Следует предупредить пациента о длительности обследования и необходимости лежать неподвижно.

Следует объяснить пациенту, как он может в случае необходимости привлечь внимание врача или оператора.

3.3 Исследование нижних конечностей

При исследовании коленного сустава, голени, ступни и лодыжки используется катушка для колена.

Последовательность действий следующая (см. рис.6) :

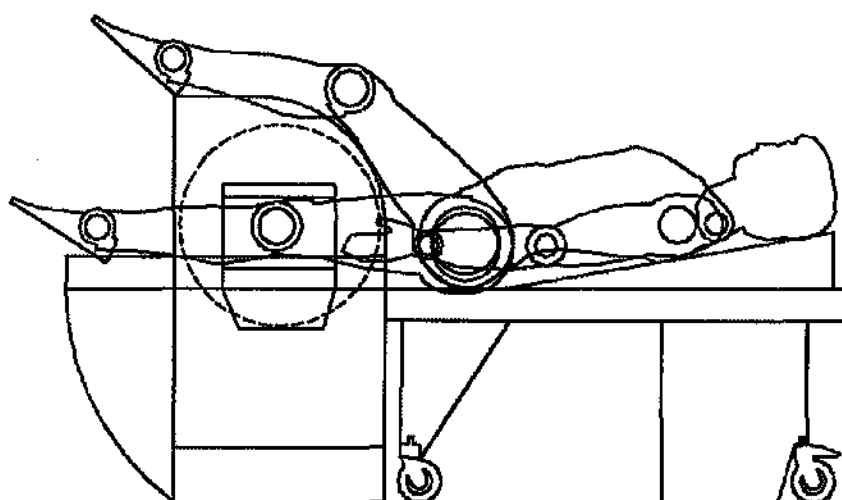


Рис.6

- расположить пациента ногами к магниту;
- надвинуть катушку на ногу пациента в положение, при котором центр катушки совпадает с центром области обследования;
- расположить ногу с катушкой выше верхней кромки магнита над U-образной выемкой;
- опустить ногу с катушкой в U-образную выемку магнита так, чтобы катушка вошла в центрирующий уловитель и зафиксировалась в центре магнита;
- для более удобного положения ног рекомендуется вторую ногу разместить на коже магнита;
- для уточнения позиционирования ноги относительно катушки запустить выбранный протокол исследования (любое исследование начинается с программы "Пилот в 3-х проекциях") и получить изображение;

- проверить, соответствует ли центр области исследования центру полученного изображения;
- при необходимости, при неподвижном положении катушки, сместить пациента вперед или назад, “откатить” программу “Пилот в 3-х проекциях” (см. ниже описание работы с программой TOMMAN) и повторно запустить исследование
- продолжить сканирование по выбранному протоколу

3.4 Исследование верхних конечностей

При исследовании локтевого сустава, запястья и кисти используется катушка для локтя.

Последовательность действий следующая (см. рис.7) :

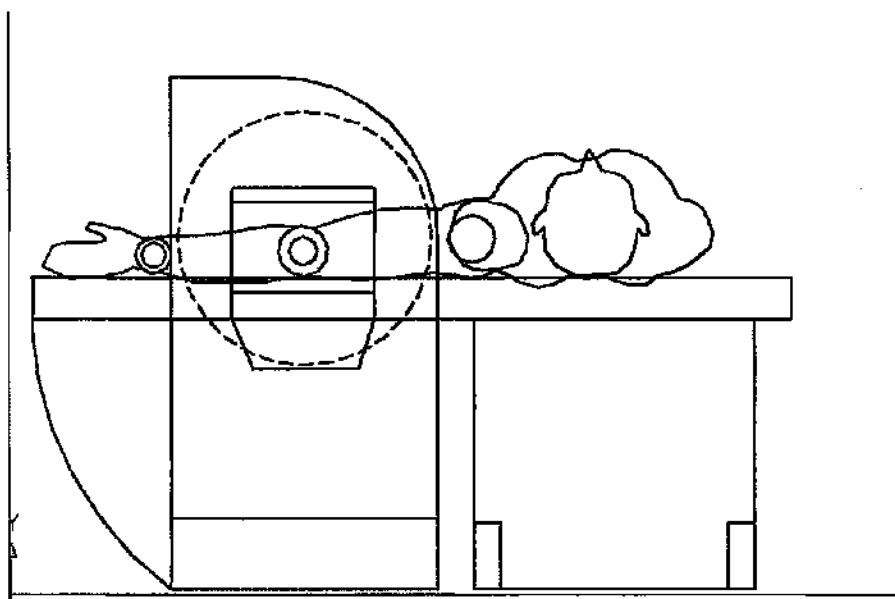


Рис.7

- повернуть стол пациента на 90° так, чтобы ось стола стала перпендикулярна оси магнита и зафиксировать тормоз стола;
- расположить катушку для локтя в центре магнита с помощью центрирующего уловителя;
- уложить пациента вдоль стола и вложить руку в катушку так, чтобы исследуемый сустав оказался в центре катушки;
- для уточнения позиционирования верхней конечности относительно катушки, запустить выбранный протокол исследования (любое исследование начинается с программы “Пилот в 3-х проекциях”) и получить изображение;
- проверить, соответствует ли центр области исследования центру полученного изображения;
- при необходимости, при неподвижном положении катушки, сместить руку пациента вперед или назад, “откатить” программу “Пилот в 3-х проекциях” (см. ниже описание работы с программой TOMMAN) и повторно запустить исследование
- продолжить сканирование по выбранному протоколу

4 ИНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

4.1 Структура интерфейса пользователя

Интерфейс пользователя состоит из трех взаимодействующих программ (рис. 8):

- база данных пациентов и изображений – программа TomBase
- интерфейс управления сканированием и получения изображений - программа Tommap
- интерфейс просмотра и анализа изображений - программа Imagic

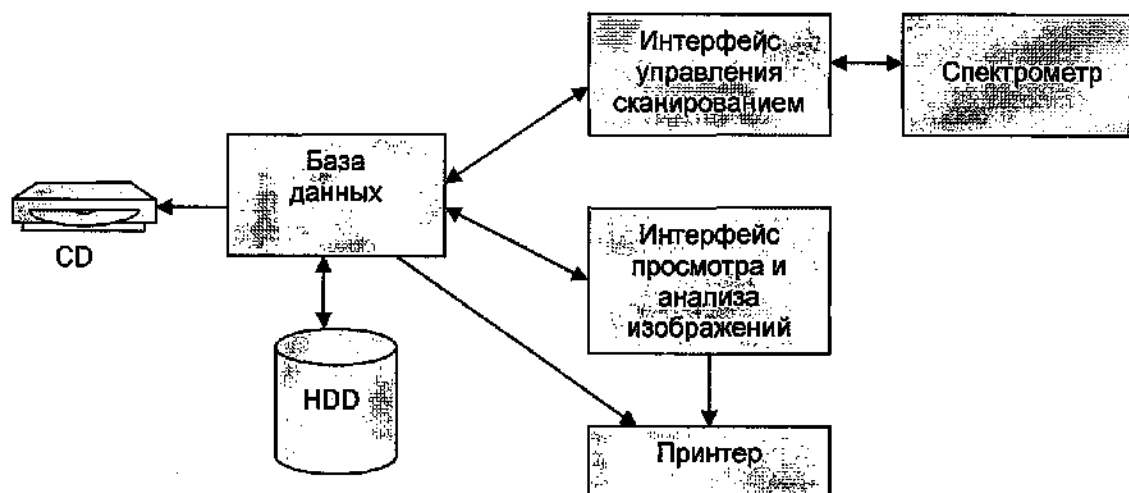


Рис. 8

База данных является клиентом по отношению к двум другим программам и может запрашивать у них соответствующий интерфейс

База данных обеспечивает:

- ввод регистрационных данных пациента
- вызов программы **Tommap** для запуска сканирования и получения изображений
- просмотр пиктограмм полученных изображений
- вызов программы **Imagic** для анализа изображений
- поиск пациентов по заданному критерию
- автоматическое составление статистических отчетов
- архивация изображений на компакт-дисках
- формирование текстовых документов (описание, заключение)
- формирование твердых копий изображений для вывода на лазерный принтер или пленочный термопринтер
- формирование файлов изображений в формате DICOM 3.0

Программа управления сканированием служит сервером для базы данных и обеспечивает:

- предварительную настройку томографа
- выбор режимов и параметров сканирования
- запуск/останов сканирования
- реконструкцию изображений
- просмотр полученных изображений и их сохранение в базе данных

Программа просмотра и анализа изображений также служит сервером для базы данных и позволяет:

- визуализировать изображения одной или одновременно нескольких томограмм
- в различных режимах просмотра (каскад, мозаика)
- изменять размер и расположение окон томограмм на экране дисплея
- производить различные манипуляции с изображением
постобработка (сглаживание, подчеркивание границ)
повороты
обрезка
увеличение (режим "лупа")
изменение яркости и контраста
позитив/негатив
- измерять статистические характеристики яркостей и строить гистограммы их распределения
- печатать изображения на лазерный принтер или пленочный термопринтер

4.2 Последовательности сканирования

4.2.1 Типы последовательностей

Последовательность 2D спин-эхо (2D SE)

Последовательности SE в принципе предназначены для получения как T1, так и T2- взвешенных изображений. Однако ввиду значительного времени, требующегося для получения диагностически ценных T2-взвешенных изображений с помощью программ SE, последние редко применяются для этой цели и в основном используются в режиме T1.

Временная диаграмма многослойной последовательности SE изображена на рис. 9

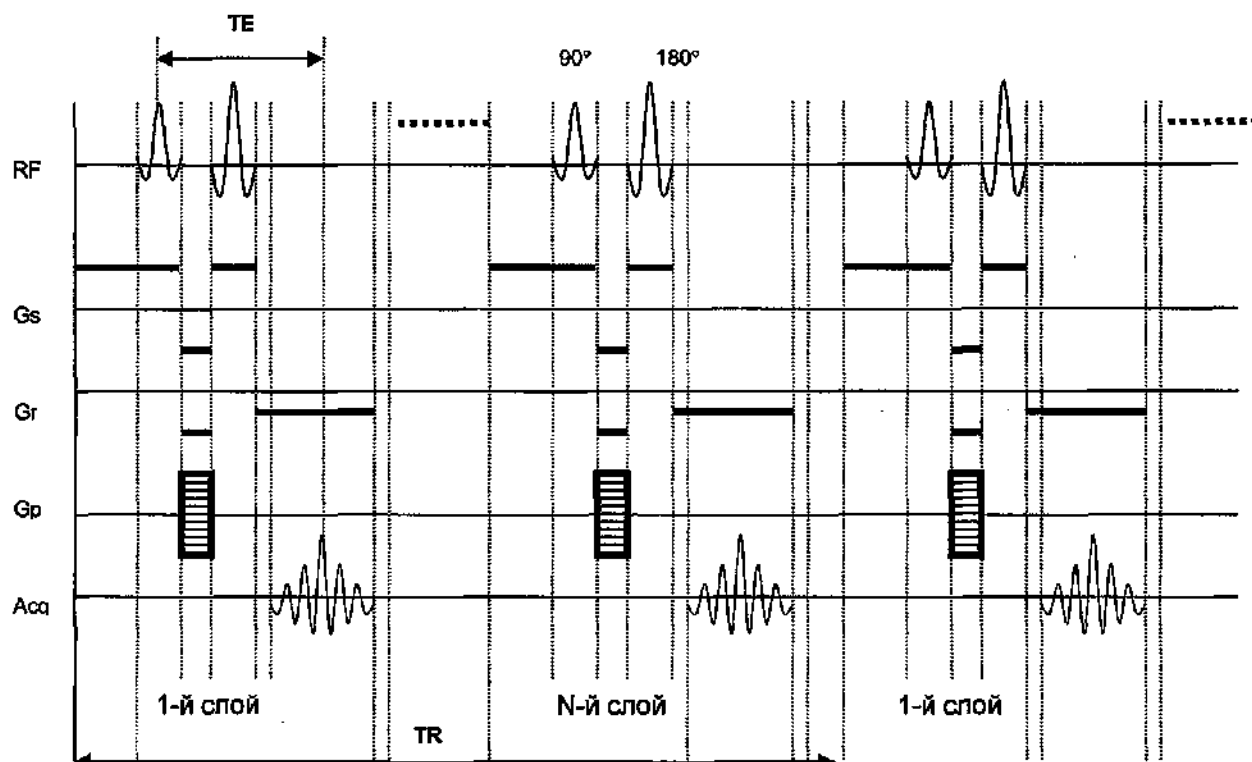


Рис. 9

Здесь и далее приняты обозначения:

RF – канал передачи – высокочастотные радиоимпульсы

Acq – канал приема – собираемые данные

Gs – градиент слоя

Gr – читающий градиент

Gp – фазокодирующий градиент

TE – время эха – время между подачей возбуждающего (90-градусного) радиоимпульса и серединой интервала сбора сигнала

TR – время повторения – время между возбуждениями одного и того же слоя

Сигнал спинного эха считывается после подачи 180-градусного радиоимпульса в присутствии читающего градиента.

В начале последовательности при значении фазокодирующего градиента, соответствующего 1-ой строке матрицы изображений, возбуждается первый слой и считываются соответствующие данные. Затем при том же фазокодировании процесс повторяется для второго и последующих слоев.

После этого через время TR дается приращение фазокодирующего градиента, снова последовательно возбуждаются слои и считываются данные.

Описанные действия повторяются до тех пор пока не будут собраны данные при всех значениях фазокодирования, соответствующих полной матрице сбора для последующей реконструкции изображений.

На рис. 10 слева показано расположение плоскостей слоев на прицельном изображении, а справа – соответствующие изображения слоев.

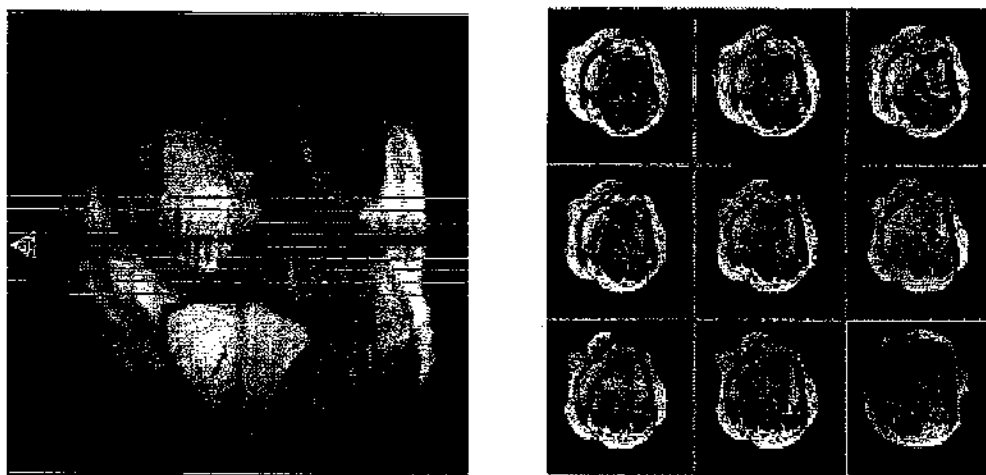


Рис. 10

С целью повышения соотношения сигнал/шум весь процесс можно повторить несколько раз, накапливая и усредняя соответствующие собранные данные.

Как видно из фиг.4.2, при заданном времени TR максимальное количество слоев, укладываемых в это время, составляет:

$$N_{sl} = TR / T_{seq}$$

где T_{seq} – время фрагмента последовательности – от подачи 90-градусного импульса до конца сбора данных



При задании пользователем количества слоев, превышающего максимально допустимое, программа выдает предупреждение “TR меньше времени сбора” Надо или увеличить TR или уменьшить количество слоев.

Общее время сбора, необходимое для получения изображений:

$$T_A = TR * M_P * N_{EX}$$

где M_P – размер матрицы сбора по фазокодированию

N_{EX} – количество накоплений

Контраст T1 получается в SE- последовательностях при малых значениях TE (20-40 мс) и малых значениях TR (<600 мс).

Для получения T2 контраста требуется большое TE (>90 мс) и большое TR(>2000 мс). При размере матрицы 256x256 и 2-х накоплениях полное время получения T2-взвешенных изображений составит порядка 17 мин.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлена последовательность SE_T1 для получения T1-взвешенных изображений:

Последовательность 2D градиентное эхо (2D GE)

В последовательностях GE, в отличие от SE, эхо-сигнал формируется не 180-градусным радиоимпульсом, а переключением знака читающего градиента.

Фрагмент последовательности GE для одного слоя изображен на рис. 11

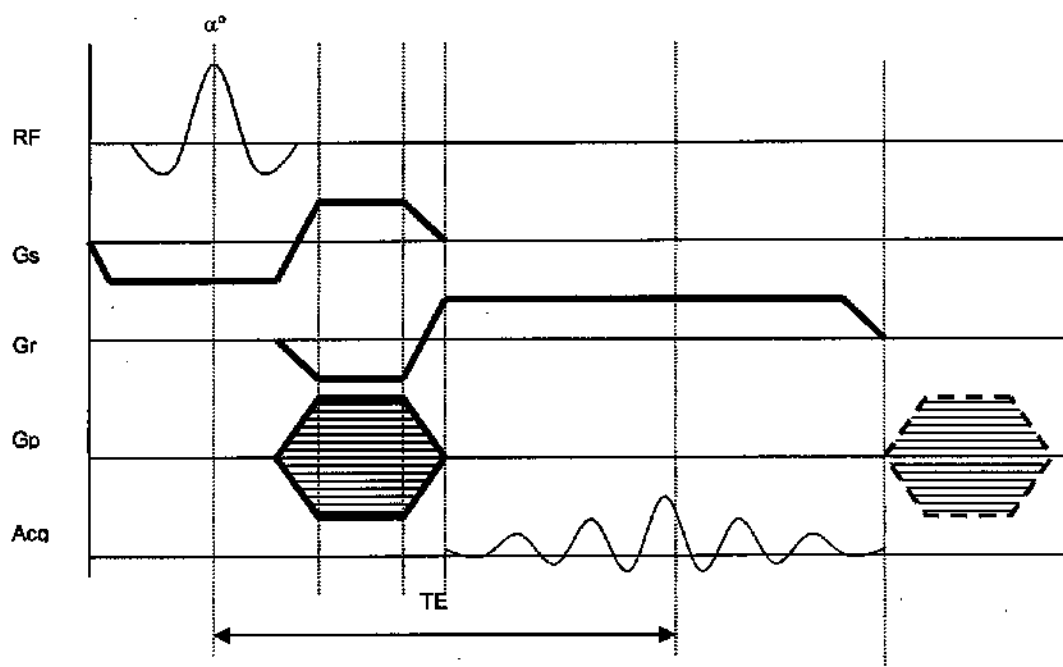


Рис. 11

Принцип получения многослойных изображений аналогичен описанному выше для программы SE.

Возбуждающий радиоимпульс в программе GE имеет угол отклонения намагниченности меньше 90° . Значения угла отклонения α во многом определяет контраст получающихся изображений.

Программы GE позволяют получать T1-взвешенные и псевдо T2-взвешенные (T2*) изображения.

Для получения T1-взвешенных изображений необходимо выбрать малое время TE (10-15 мс), малое время TR (<400 мс) и угол α в диапазоне $45^\circ..70^\circ$.

Для получения T2*-взвешенных изображений время TE принимает средние значения (18 - 30 мс), время TR увеличивается до 600-800 мс и угол $\alpha < 45^\circ$.

Дополнительно в программах GE, предназначенных для получения T2*-взвешенных изображений, вводится реверсирующий градиент фазокодирования, показанный пунктиром на фиг.4.4.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлены две последовательности GE : GE_T1 – для получения T1-взвешенных изображений и GE_T2 для получения T2*-взвешенных изображений

Последовательность 3D -Фурье

В последовательности 3D изображение снимается не послойно, а путем многократного возбуждения всей области интереса (слаба) и получения трехмерной матрицы собранных данных. Затем в процессе реконструкции с помощью тройного обратного преобразования Фурье получают трехмерную матрицу изображений, из которой уже математически формируются изображения слоев. Пример позиционирования слаба и получающихся изображений слоев приведен на рис. 12

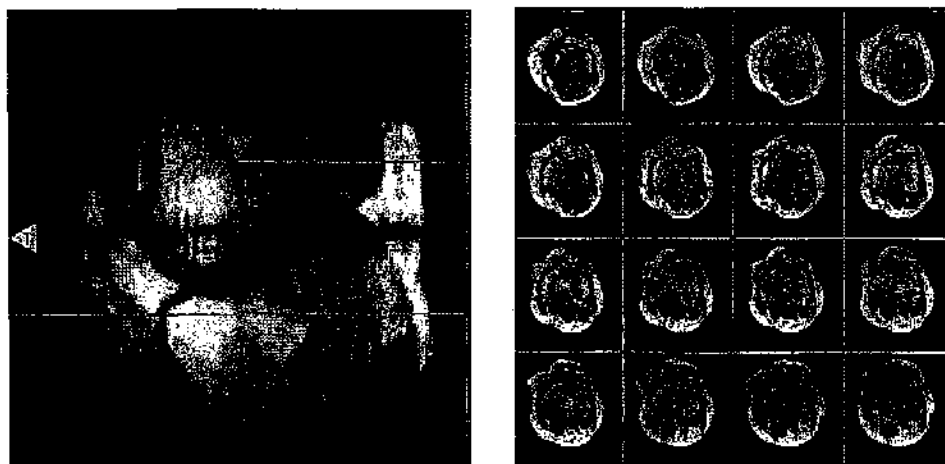


Рис. 12

Последовательности 3D имеют 2 важных преимущества:

- форма слоя получается прямоугольной
- толщина слоя может быть значительно меньше, чем для 2D-последовательностей.

Временная диаграмма последовательности 3D на основе градиентного эха приведена на фиг. 4.6. В приведенной диаграмме наряду с обычным 2D-фазокодированием присутствует фазокодирование по направлению слоя для получения третьей координаты. Количество приращений фазокодирования по слою (Partition) и толщина слаба определяют итоговую толщину получающихся слоев.

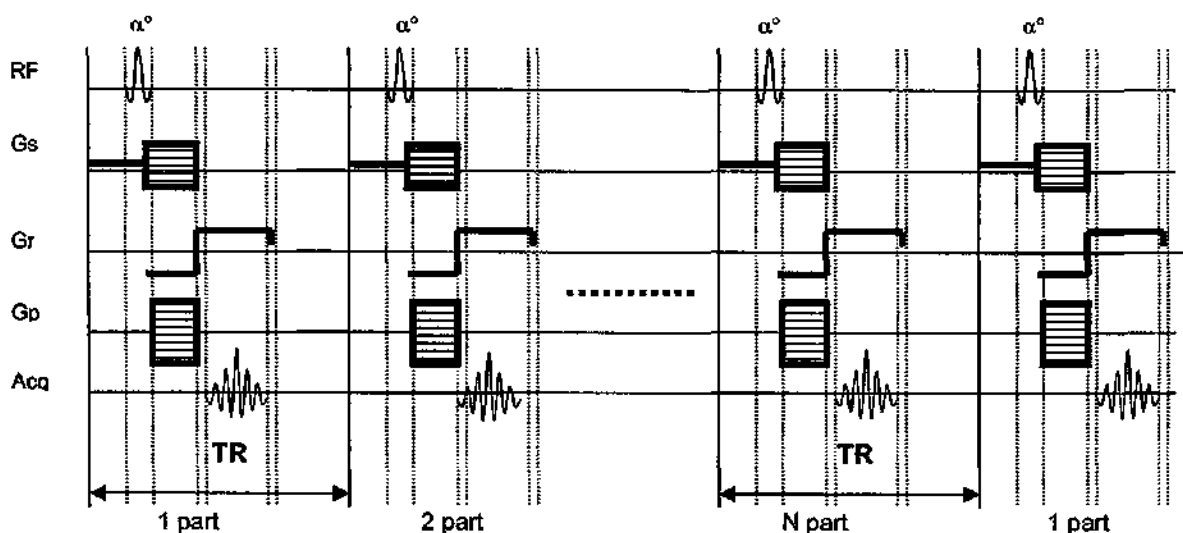


Рис. 12

Время повторения TR в 3D последовательностях очень малое и составляет 40-60 мс. Угол отклонения намагниченности α и время TE определяют контраст получающихся изображений. При $\alpha < 45^\circ$, TE > 20 мс и наличии реверса фазокодирования, аналогичного показанному на рис. 11, получается контраст T2*.

При $\alpha > 45^\circ$ и TE = 12..18 мс получается T1 контраст.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлены две последовательности 3D –Фурье: 3D_T1 – для получения T1-взвешенных изображений и 3D_T2 для получения T2*-взвешенных изображений.

Последовательности турбо спин-эхо (TSE)

Последовательности TSE предназначены для получения T2-взвешенных изображений и изображений протонной плотности за относительно короткое время (5-7 мин). Это достигается за счет того, что после возбуждающего 90-градусного радиоимпульса подается серия 180-градусных инвертирующих радиоимпульсов, после каждого из которых считывается эхо-сигнал (см. рис. 14).

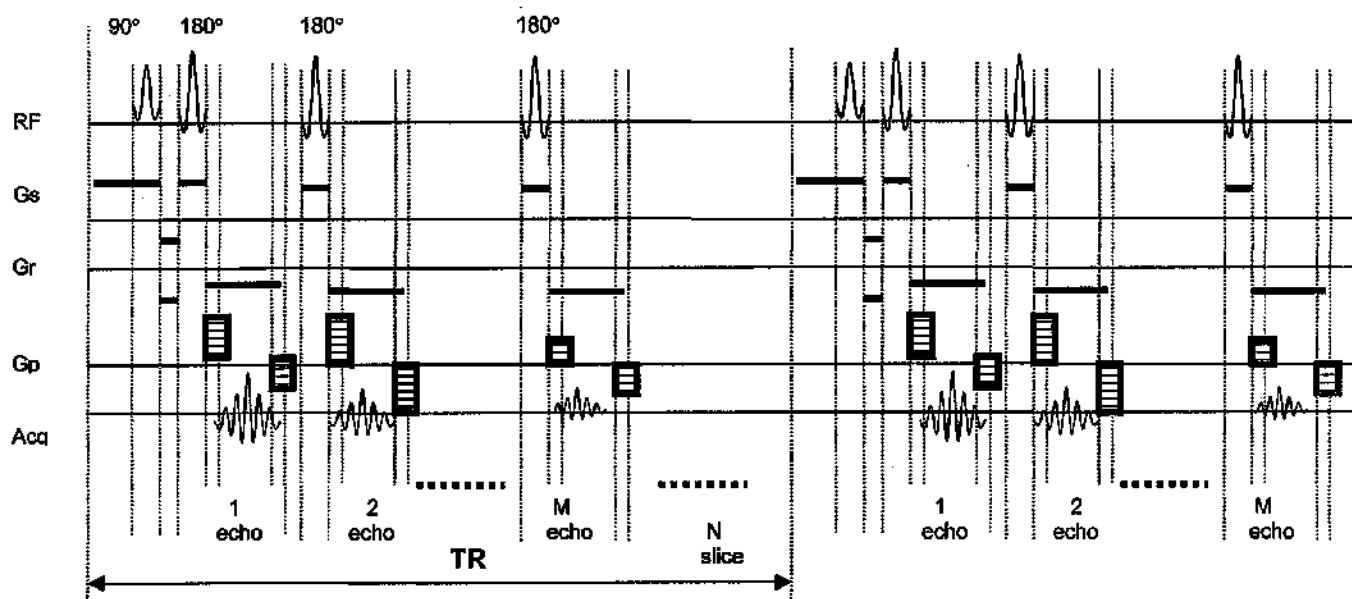
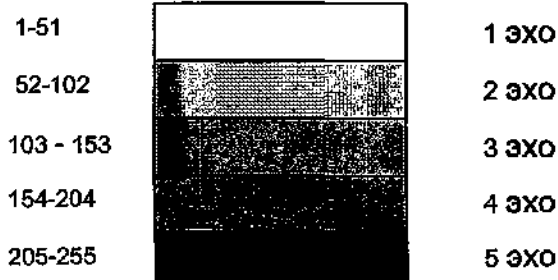


Рис. 14

Таким образом, за одно возбуждение снимается сразу M эхо- сигналов, каждый из которых за счет соответствующего фазокодирующего градиента заполняет свою строку матрицы сбора. Приведенный ниже рисунок схематически иллюстрирует пример сбора данных для последовательности TSE с 5 эхо- сигналами и матрицей сбора из 256 строк. Количество приращений фазокодирования – 51. Первое эхо при изменении фазокодирования заполняет строки с 1 по 51, второе – с 52 по 101 и так далее.



В результате время сбора данных сокращается в 5 раз по сравнению с обычной последовательностью SE.

Контраст изображений, получающихся в программах TSE, зависит от распределения фазокодирования между эхо-сигналами. Эффективное значение TE и, соответственно, контраст определяется временем эха с минимальными значениями фазокодирования, которое заполняет центральные строки матрицы сбора. Если минимальное фазокодирование приходится на первое эхо, то получаются изображения протонной плотности, если на более поздние эхо, то получаются T2-взвешенные изображения.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлены 3 последовательности TSE: TSE_T2_axl, TSE_T2_cor и TSE_T2_sag – для получения T2-взвешенных изображений. Выбор той или иной последовательности зависит от ориентации получаемых изображений – оптимально использовать последовательность с аббревиатурой, соответствующей выбранной ориентации.

Последовательности с двойным контрастом (DCS)

Последовательности с двойным контрастом построены на базе турбо спин – эхо с двумя различными временами TE эфф, одно из которых соответствует T2 – взвешенным изображениям, а другое – изображениям протонной плотности. В результате для каждого слоя получается пара изображений с различным контрастом. При этом время сканирования не увеличивается.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлены 3 последовательности DCS: DCS_T2_axl, DCS_T2_cor и DCS_T2_sag – для получения изображений с двойным контрастом. Выбор той или иной последовательности зависит от ориентации получаемых изображений – оптимально использовать последовательность с аббревиатурой, соответствующей выбранной ориентации.

Последовательности инверсия – восстановление (IR,STIR)

Последовательности IR предназначены для подавления сигналов от тканей, визуализация которых нежелательна на изображении. Такие ткани на IR-изображениях будут выглядеть темными. Это достигается за счет предварительного инвертирования намагниченности и ожидания времени TI, по истечении которого намагниченность подавляемой ткани в процессе нарастания с отрицательных величин до положительного устойчивого состояния проходит через ноль. В этот момент стартует основная последовательность и обычным образом собираются данные. Так как время TI определяется временем T1 спин-решеточной релаксации, то для тканей с T1, отличным от подавляемых, сигнал будет ненулевым.

Последовательности IR могут строиться на базе спин-эха, градиентного эха, или турбо спин-эха. В начало каждой из последовательностей добавляется 180-градусный инвертирующий радиоимпульс и соответствующий селектирующий градиент слоя. Затем выполняется основная последовательность.

Наиболее часто в ортопедической МР-томографии используется последовательность IR, подавляющая сигнал от жировых тканей, которая обозначается аббревиатурой STIR.

Время TI для напряженности магнитного поля 0.2 Тл выбирается в диапазоне 90..110 мс. Времена TE и TR соответственно в диапазоне 20..40 и 1100..1500 мс.

В библиотеке последовательностей томографа RENEX представлены 3 последовательности с подавлением сигнала от жировых тканей:

- SE_STIR на базе спин-эха.
- GE_STIR на базе градиентного эха.
- TIRM на базе турбо спин-эха.

4.2.2 Выбор параметров

Качество изображений, получаемых на МР-томографе, характеризуется набором следующих критериев:

- сигнал/шум
- контрастность
- пространственное разрешение
- наличие или отсутствие артефактов

Соотношение сигнал/ шум на изображении проявляется в виде “зернистости” и может быть оценено количественно как отношение среднего значения яркости в некоторой области на изображении к среднеквадратическому отклонению яркостей в области с отсутствием изображения – на темном фоне (рис. 15).

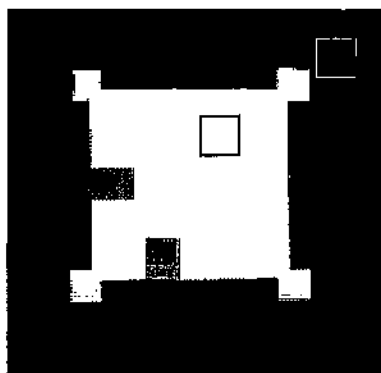


Рис. 15

Контрастность изображения особенно важна при диагностике и определяется степенью отличия яркостей участков изображения, соответствующих разным тканям исследуемого объекта.

Пространственное разрешение (размер пиксела) характеризует возможность различения мелких деталей на изображении.

Артефакты в МР-томографии могут быть вызваны множеством причин как аппаратных (например, нестабильность питающего напряжения), так и методологических, связанных с неправильным выбором параметров (например,

выход изображения за пределы поля зрения).Arteфакты могут проявляться различным образом:

- вертикальные и горизонтальные полосы или “змейки” на изображении;
- кольцевые артефакты;
- размытость изображения;
- заворачивание одной области изображения на другую и т.п.

Параметры последовательностей, влияющие на качество изображений можно разбить на 2 группы: физические параметры и геометрические параметры.

К физическим параметрам относятся:

Время эха – TE

Время повторения – TR

Количество накоплений – NEX (*Number of Excitations*)

Угол отклонения намагниченности α – FA (*Flip Angle*)

Параметры TE , TR и FA непосредственно влияют на контраст $T1$ изображения. При получении 2D $T1$ -взвешенных изображений контраст определяется временем TR – чем меньше TR , тем выше контраст. Однако за малое время TR намагниченность не успевает восстанавливаться, что проявляется в уменьшении сигнала и, как следствие, в большей зашумленности изображения. Хорошим компромиссом в этой ситуации для магнита с напряженностью 0.2 Тл является выбор TR в диапазоне 300-500 мс. При этом время эха TE должно быть мало для исключения проявления контраста во времени $T2$ спин-спиновой релаксации, а угол FA - $70..90^\circ$

При получении изображений протонной плотности время TE должно оставаться малым, а время TR необходимо увеличивать до 3-5 с. Следует отметить, что увеличение TR пропорционально увеличивает общее время сканирования.

При получении $T2$ -взвешенных изображений контраст определяется как временем TE , так и временем TR . Чем больше обе величины, тем выше контраст. Однако при слишком больших TE сигнал от некоторых тканей теряется и не проявляется в изображении. В используемых на томографе RENEX TSE – последовательностях время TE составляет 126 и 130 мс, что позволяет иметь хороший контраст между жидкостью и окружающими тканями (рис. 16)

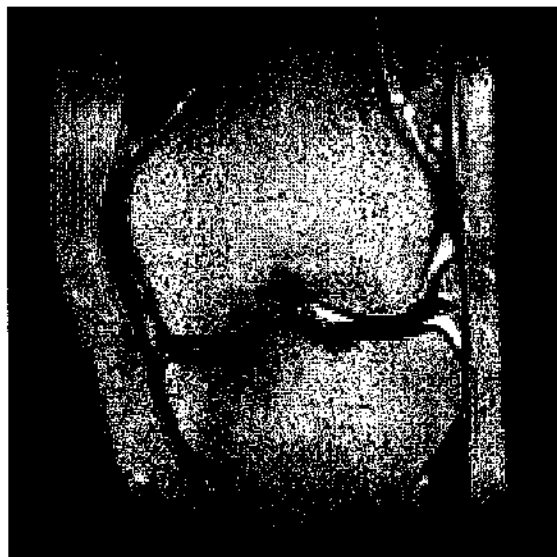


Рис. 16

Количество накоплений NEX непосредственно влияет на соотношение сигнал/шум на изображении в соответствии с формулой:

$$(S/N) = (S/N)^1 * \sqrt{NEX}$$

где $(S/N)^1$ – сигнал/шум при одном накоплении

Таким образом при увеличении числа накоплений в 2 раза соотношение сигнал/шум на изображении повышается в 1.41 раза. Однако при этом время сканирования увеличивается пропорционально числу накоплений (в данном случае тоже в 2 раза), что следует учитывать при выборе стратегии обследования.

К геометрическим параметрам относятся:

Количество слоев	- Slices
Толщина слоя	- Thickness
Расстояние между центрами слоев	- Distance
Размер поля зрения	- Field of View (FOV или поле зрения)
Размер матрицы изображений	- Matrix

Толщина слоя влияет на соотношение сигнал/шум и пространственное разрешение. Чем больше толщина слоя, тем выше соотношение сигнал/шум на изображении, но тем хуже пространственное разрешение.

При исследовании суставов конечностей обычно толщина слоя выбирается 4-5 мм, что обеспечивает удовлетворительное качество по критерию пространственное разрешение - сигнал/шум.

Размер поля зрения также влияет на пространственное разрешение и соотношение сигнал/шум. Пространственное разрешение в плоскости изображения оценивается размером пикселя, равным $FOV/Matrix$,

где *Matrix* – размер матрицы изображения. Чем меньше FOV, тем выше пространственное разрешение. Однако при уменьшении FOV соотношение сигнал/шум падает пропорционально квадрату соотношения $FOV_{нов.} / FOV_{стар.}$, что проявляется в увеличении “зернистости” изображения. Чтобы компенсировать ухудшение соотношения сигнал/шум при уменьшении поля зрения, например, в 1.4 раза, необходимо в 2 раза увеличить число накоплений и, соответственно, общее время сканирования.

Расстояние между центрами слоев *Distance* выбирается таким образом, чтобы избежать частичного возбуждения соседних слоев, которое всегда происходит при малом расстоянии между слоями из-за непрямоугольности формы слоя или при перекрытии слоев ($Distance < Thickness$). Обычная практика в этом случае рекомендует придерживаться соотношения $Thickness \leq Distance$.

Размер матрицы изображения напрямую влияет на пространственное разрешение, соотношение сигнал/шум на изображении и время сканирования.

Для сокращения времени исследования часто применяются методы неполного сбора данных, когда собирается только часть матрицы *K* – пространства, представляющей собой таблицу, строки которой заполняются отсчетами эхо-сигналов при значениях фазокодирования, меняющихся от столбца к столбцу (рис. 17).

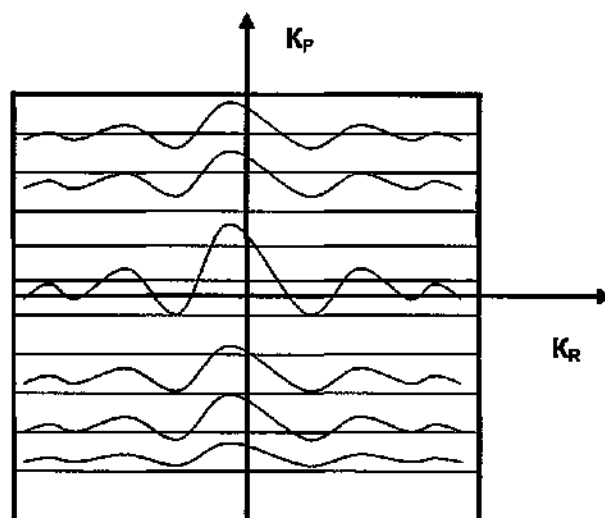


Рис. 17

Из свойств Фурье-преобразования известно, что центральная часть K - пространства и, соответственно, центральные ее строки отвечают за контраст и сигнал/шум на изображении, а крайние строки – за пространственное разрешение.

Один из методов неполного сбора данных состоит в том, что крайние строки матрицы не собираются, а по окончании сканирования заполняются нулями. При этом время сканирования сокращается, а пространственное разрешение по оси фазокодирования ухудшается. Так, при сборе для изображения 256×256 только 128 центральных строк и заполнения оставшихся 128 строк нулями, время сканирования уменьшается в 2 раза и в то же количество раз уменьшается пространственное разрешение по оси фазокодирования. Соотношение сигнал/шум в свою очередь увеличивается (в данном случае в 1.41 раза) за счет увеличения размеров пиксела.

Этим процессом управляет параметр Resolution, выраженный в процентах. При Resolution 100% сканирование происходит в стандартном режиме без ухудшения пространственного разрешения по фазокодированию. При Resolution, например 50% время сканирования уменьшается в 2 раза и во столько же раз ухудшается разрешение по горизонтальной оси (фазокодирование). Соотношение сигнал/шум соответственно увеличивается в данном случае в 1.41 раза

В другом методе собирается вся K - матрица, но с большим дискретом по фазокодированию. Это соответствует прямоугольной матрице изображения с сокращенным полем зрения по оси фазокодирования (рис. 18)

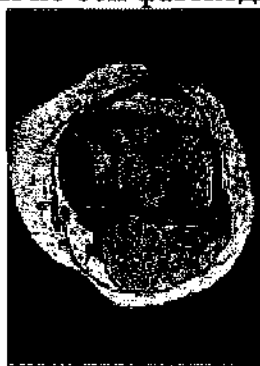


Рис. 18

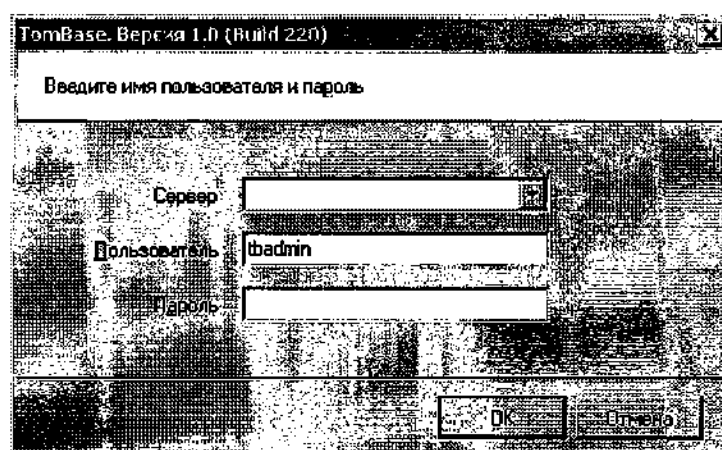
Собирая 128 строк матрицы с удвоенным шагом по фазокодированию, получаем изображение размером 256x128 без потери пространственного разрешения. При этом время сбора также сокращается в 2 раза, но соотношение сигнал/шум ухудшается в 1.41 раза.

За прямоугольное поле зрения отвечает параметр FOV Ratio, выраженный в процентах. При FOV Ratio 100% поле зрения остается квадратным, а при FOV Ratio например 50 % поле зрения по горизонтали (фазокодирование) уменьшается в 2 раза, во столько же раз сокращается время сканирования и в 1.41 раза ухудшается соотношение сигнал/шум.

4.3 База данных пациентов и изображений TOMBASE

База данных состоит из двух частей – собственно выполняемой программы TomBase.exe и серверной части, использующей Microsoft SQL Server. При работе в сети SQL Server устанавливается только на одном компьютере (рабочей станции), а копии программы TomBase.exe должны быть установлены на каждом из компьютеров сети.

При запуске программы TomBase.exe выбором на рабочем столе дисплея пиктограммы  появляется окно ввода имени пользователя и пароля:



После правильного заполнения полей открывается основное окно базы данных TomBase.

TomShare - соединение с TomShare

Пациент:

ИМС: Фамилия: ИО: Год: Пол: Адрес: Место работы:

11.01.2005 [1 из 1]

Врач: Указатель: Вид осмотра: Контактный:

Вид: Категория: Диагноз: ☒ Клинический ☒ Лабораторный

Описание:

На МР-томограммах коленного сустава в срезах Т1 и Т2.....

Заключение:

На МР-томограммах коленного сустава в срезах Т1 и Т2.....

Снимки:

Параметры сканирования:

SE22 (Multi Slice Multi Echo generic sequence)
FOV 180
TH 5
SD 6
NEX 1
TE 22
TR 330

GE14 (Multi Slice Multi Echo generic sequence)
FOV 180

В верхней части окна расположена панель инструментов с кнопками следующего назначения:



Новый

- регистрация нового пациента. После ввода или редактирования данных эта кнопка трансформируется в кнопку сохранения введенных или измененных данных



Сохранить

- сохранение данных



Искать...

- поиск пациентов по уникальному номеру, фамилии или номеру истории болезни



Печать...

- вызов интерфейса печати текстовых документов - заключения и описания



Печать...

- вызов интерфейса печати изображений



Назад

- пролистывание пациентов назад



- пролистывание пациентов вперед



- уникальный номер пациента (только для информации)



- кнопка обновления, используемая для обновления информации на данном компьютере сети в случае, если на одном из других компьютеров информация была изменена или добавлена



- добавление обследования. Обследование объединяет все томограммы данного пациента, полученные в ходе текущего исследования. Следующее обследование может быть проведено для того же пациента в другой день.



- вызов интерфейса сканирования

Под панелью инструментов расположена панель с личными данными пациента

№ ИБ	Фамилия	ИИ	Год	Пол	Место работы	Детали
123	Иванов	А.Б.	1970	М	Зд Красный пролетарий	

Перемещение по полям с личными данными осуществляется мышкой или кнопкой табуляции (Tab). Обязательному заполнению подлежит только поле с фамилией. Остальные поля могут оставаться пустыми. При вводе инициалов можно не переключаться на верхний регистр – инициалы автоматически вводятся заглавными буквами. Точки после инициалов также ставятся автоматически.

В поле “Место работы” предусмотрен раскрывающийся список с predetermined записями, которые редактируются и добавляются с помощью словарей (см. ниже).

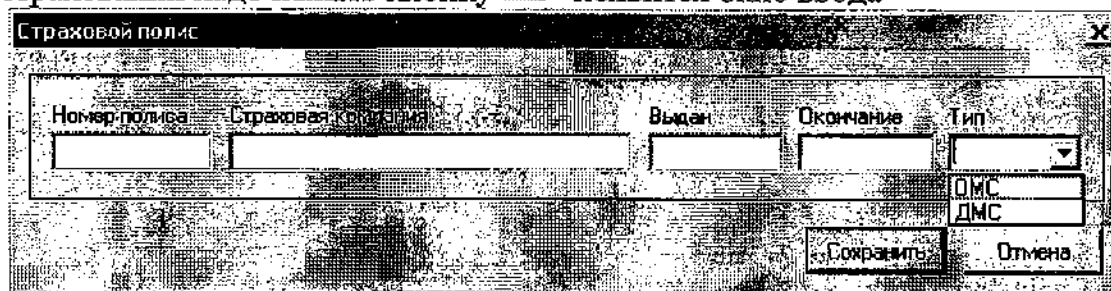
При необходимости регистрации более подробной информации предусмотрена кнопка “Детали”, после нажатия которой появляется диалоговое окно:

Диалоговое окно "Данные пациента"

№ ИБ	Фамилия	ИИ	Год	Пол										
123	Иванов	А.Б.	1970	М										
Адрес		Телефон												
Место работы		Паспорт												
Зд Красный пролетарий														
Родственники														
Место постоянного мед. обслуживания		☒ Болезнь боткина ☒ ВИЧ												
Встречное письмо														
<table border="1"> <tr> <td>Адрес</td> <td>Строковая компания</td> <td>Время</td> <td>Докладчик</td> <td>Тел.</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					Адрес	Строковая компания	Время	Докладчик	Тел.					
Адрес	Строковая компания	Время	Докладчик	Тел.										

Кнопки: [Сформировать] [Отмена]

В этом окне уже введенные данные появляются автоматически, а остальные поля надо вводить с клавиатуры. Для добавления информации о медицинском страховании надо нажать кнопку  - появится окно ввода



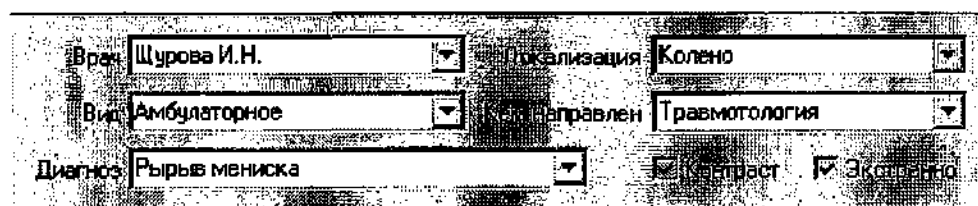
После ввода всей необходимой информации о медицинском страховании надо нажать кнопку Сохранить. Аналогичную кнопку надо нажать после окончания ввода дополнительных данных.

Под панелью с личными данными расположено информационное поле с датой обследования, которая обновляется автоматически, и количеством обследований данного пациента. Например, при двух обследованиях поле будет выглядеть так:

09.04.2003 [1 из 2] 

Перемещение по обследованиям осуществляется при помощи стрелок. Как правило у большинства пациентов будет одно обследование.

Ниже поля с датой и номером обследования расположена панель с характеристиками обследования:



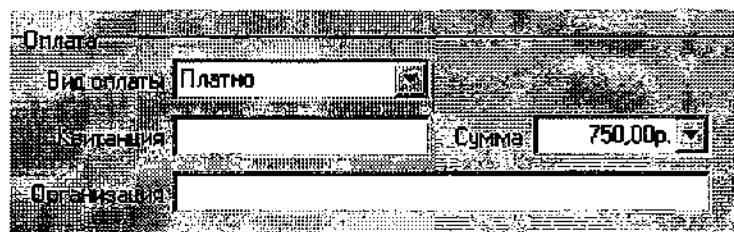
Поля этой панели можно заполнять с клавиатуры или использовать раскрывающиеся списки. Два поля – Локализация и Вид имеют фиксированные списки, изменять которые нельзя:



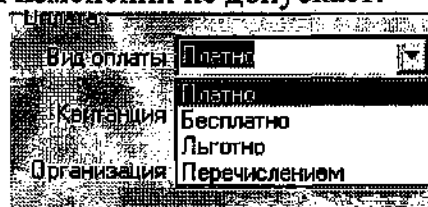
Остальные поля имеют списки, которые можно дополнять и редактировать с помощью словарей (см. ниже). Примеры редактируемых списков:



Справа от панели с характеристиками обследования находится панель с данными об оплате:



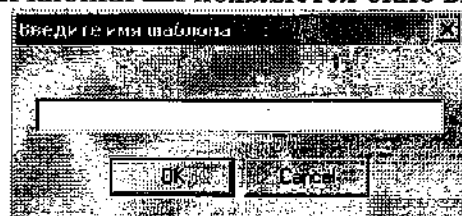
Данные в поля вводятся также с клавиатуры или с помощью раскрывающегося списка там, где это предусмотрено. Список видов оплаты — фиксированный и изменений не допускает:



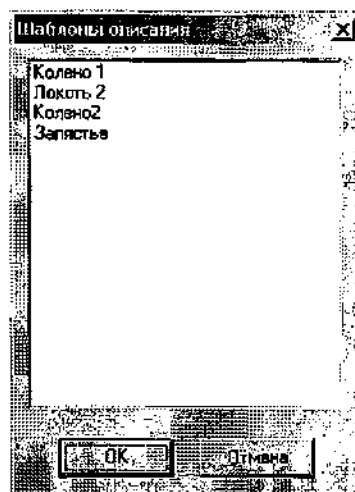
Сумма оплаты может редактироваться и дополняться с помощью соответствующего словаря.

В нижней части основного окна базы данных расположены поля с описанием и заключением. Текст заключения вводится только с клавиатуры. Для текста описания предусмотрена дополнительная возможность ввода с использованием шаблонов и их последующим редактированием. Редактирование и добавление шаблонов описания рассмотрено ниже. При наличии готовых шаблонов их текст вводится с помощью кнопок  или , расположенных над панелью описания.

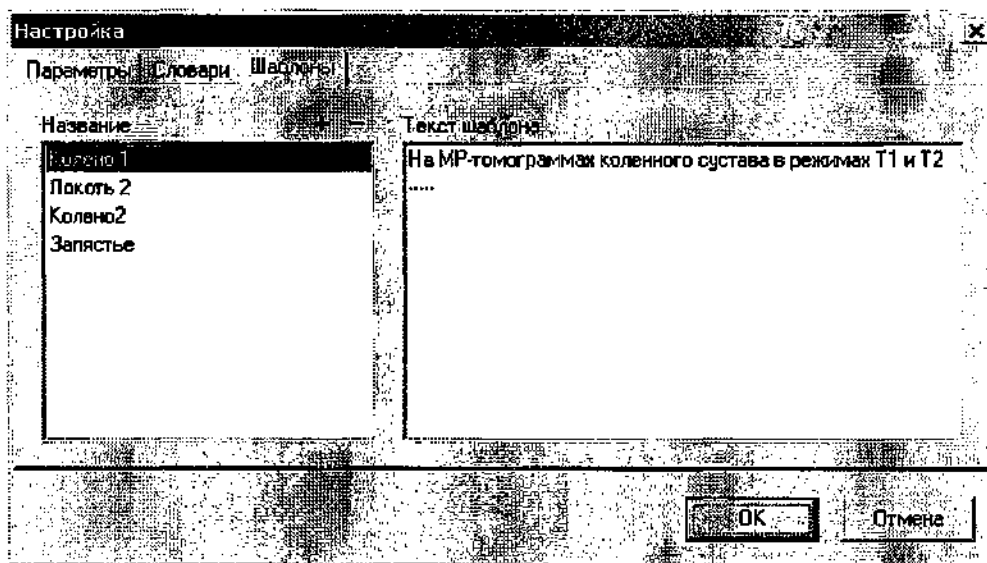
При нажатии кнопки  появляется окно ввода имени шаблона



При использовании кнопки  появляется окно выбора имени шаблона из имеющегося списка:



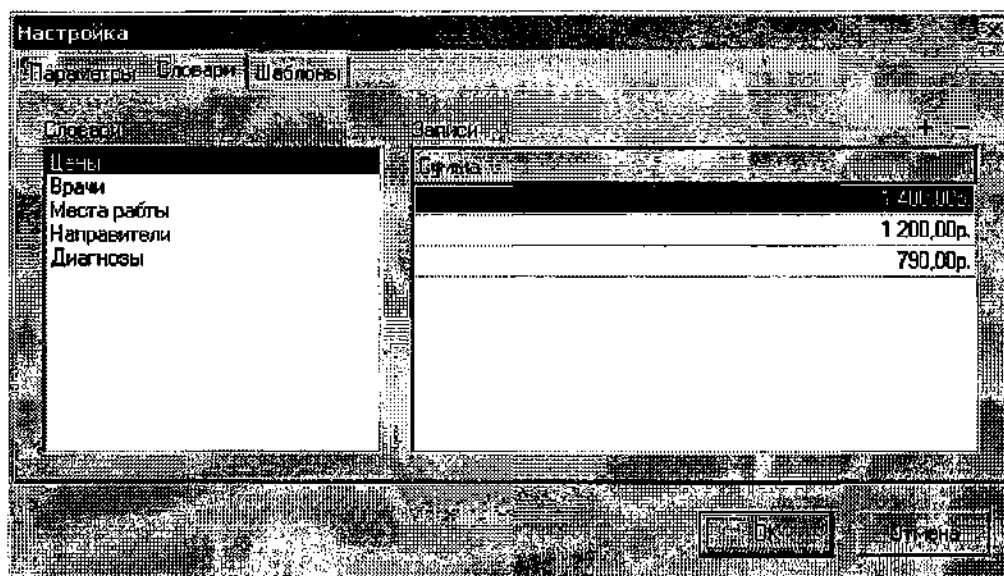
Просмотреть шаблон можно с помощью команд основного меню *Сервис->Настройки*, выбрав закладку *Шаблоны*:



Справа от панелей с описанием и закрыванием расположена панель, наглядно отображающая результаты обследования. На ней показываются уменьшенные изображения центрального слоя каждого сканирования, проведенного в рамках обследования, и параметры используемых последовательностей. При количестве сканирований, не уместяющимся в отведенное поле, перемещение по ним осуществляется с помощью появляющегося справа ползунка.

Редактирование и добавление словарей

Для добавления или редактирования словарей используемых шаблонов надо войти в пункт основного меню *Сервис->Настройки*, и выбрать закладку *Словари*



Слева на панели настройки приведен фиксированный список словарей. Для добавления новой записи в словарь надо выбрать имя словаря и нажать кнопку . После ввода новой записи надо еще раз нажать  и затем ОК. Исключение составляет словарь цен, в котором при добавлении новой записи надо просто нажать ОК. Новая запись появится в соответствующем выпадающем списке. Удаление словаря производится кнопкой .



**Нельзя удалить запись, которая уже использована
при регистрации какого-либо пациента**

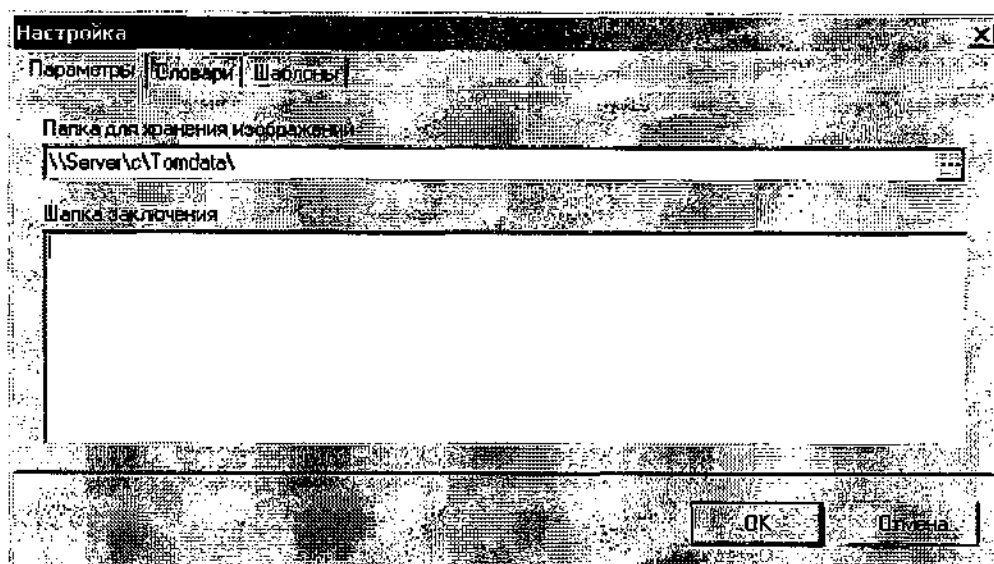
Редактирование и добавление шаблонов описаний

Для добавления или редактирования шаблонов описаний надо войти в пункт основного меню *Сервис->Настройки*, и выбрать закладку *Шаблоны*. (см. выше просмотр шаблонов)

Для добавления нового шаблона надо нажать кнопку , ввести слева имя шаблона, а справа – его текст. После этого нажать кнопку ОК. Имя шаблона теперь можно будет использовать при составлении описания (см. выше).

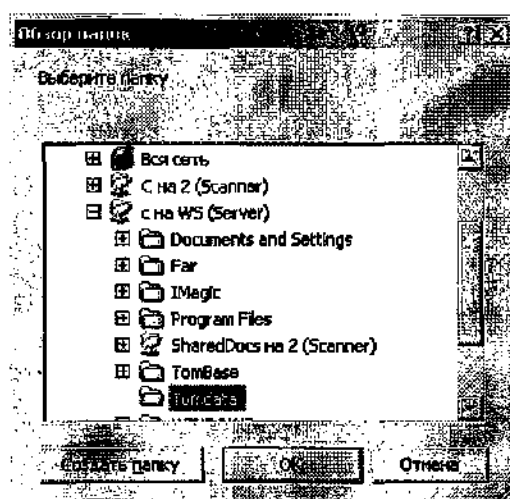
Задание пути для сохранения файлов томограмм

Файлы томограмм хранятся жестком диске компьютера рабочей станции, к которому должен быть задан сетевой путь. Для указания этого пути, по которому в дальнейшем будут автоматически сохраняться все томограммы, используется закладка *Параметры* панели *Настройка*.



Для выбора каталога хранения томограмм нажать кнопку  - появится стандартное окно, в котором надо выбрать нужный каталог.

После нажатия ОК полный путь к каталогу сохранится в параметрах базы данных.



Поиск пациентов

Для поиска пациентов в базе данных необходимо нажать кнопку  или воспользоваться пунктом основного меню *Сервис->Искать*. После этого появляется панель поиска.

ИБ	Пациент	Добав.
2 1046	Сидоров Н.Н.	05.04.2003

Поиск можно проводить по одному из трех параметров:

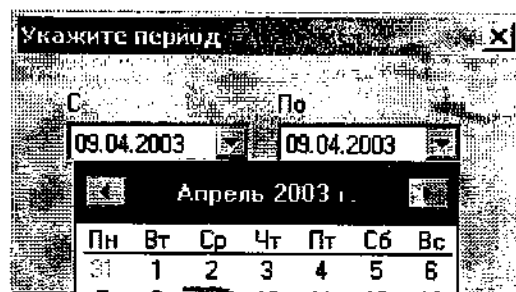
- уникальный номер пациента
- первые буквы фамилии
- номер истории болезни

Двойной щелчок по найденной записи возвращает программу в основное окно, где отображается найденный пациент.

Составление статистических отчетов

Для формирования отчета используется пункт основного меню *Отчеты*, в котором выбирается имя интересующего отчета.

После этого открывается диалоговое окно ввода отчетного периода



Начальную и конечную дату можно вводить либо с клавиатуры либо с помощью стрелок выпадающего меню, в котором появляется календарь с возможностью выбора даты.

Файлы отчетов, имеющие расширение *.frf* и имя, совпадающее с названием отчета, на всех компьютерах сети должны находиться в одном каталоге с программой *TomBase.exe*.

Вызов интерфейса сканирования Tommap

После регистрации пациента и сохранения его данных вход в программу сканирования осуществляется нажатием кнопки . После этого автоматически вызывается интерфейс программы *Tommap*, работа с которым описана ниже в п.4.4

По окончании сканирования полученную томограмму надо сохранить, нажав кнопку . После этого томограмма автоматически попадает в базу данных, а изображение ее центрального слоя отображается на панели сканирования базы данных. Продолжать сканирование данного пациента можно не выходя из программы *Tommap*, каждый раз сохраняя полученные томограммы.

Можно после каждого сканирования и сохранения томограммы закрывать интерфейс *Tommap* и снова вызывать его из базы данных. С этой целью в базе данных надо отметить томограмму, по которой будет проводиться прицеливание и нажать кнопку  - автоматически вызовется интерфейс *Tommap* с выбранным прицельным изображением.

Если вызов сканирования из базы данных производить при работающей программе *Tommap*, то система выдаст предупреждение:



В этом случае надо просто на панели выполняемых задач *Windows* переключиться на программу *Tommap* и продолжать работу.

Вызов интерфейса просмотра и анализа изображений Imagic

Для просмотра, анализа и редактирования надо выбрать в основном окне базы данных интересующую томограмму и дважды щелкнуть по ней левой кнопкой мыши – автоматически вызовется интерфейс программы *Imagic* с

изображением выбранной томограммы. После ее просмотра и редактирования (например, обрезки) можно запомнить измененную томограмму нажатием кнопки  на панели инструментов *Imagic* – томограмма сохранится в базе данных.

При сохранении отредактированная томограмма заменяет в базе данных исходную томограмму, перетирая ее. Эти изменения отменить нельзя.

Печать изображений

Для входа в интерфейс печати изображений на лазерный принтер или на пленочный термопринтер выбрать из основного меню *Отчеты->Печать снимков*

или нажать кнопку  . После этого открывается окно формирования контейнера для печати



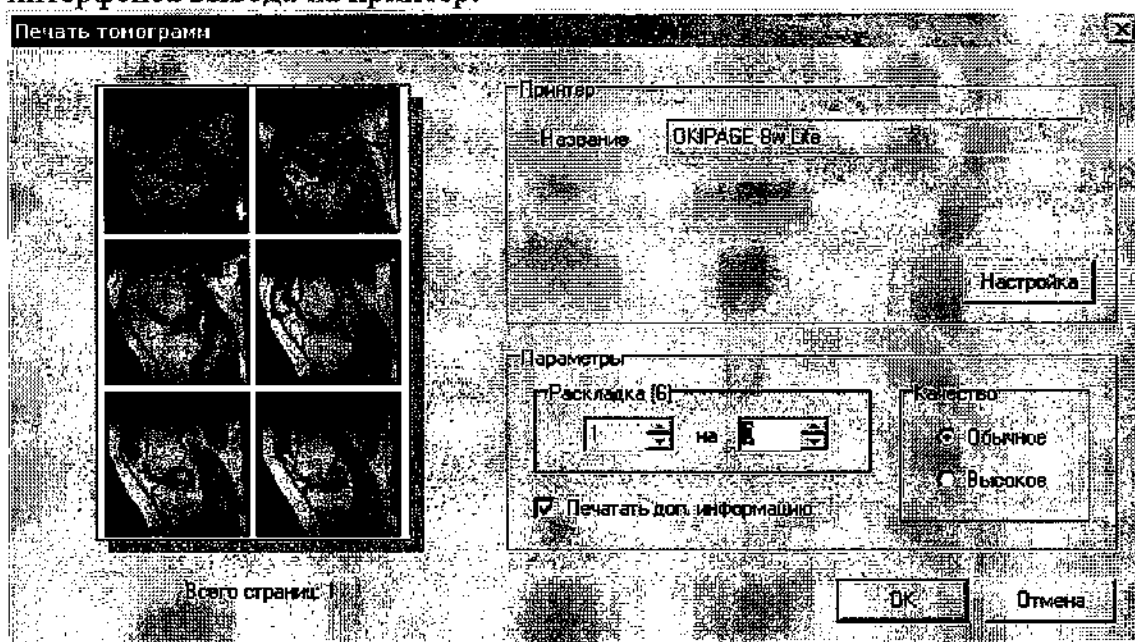
Окно разделено на три части:

- панель томограмм, полученных в ходе данного обследования
- панель отображения слоев выбранной томограммы
- контейнер печати

На панели томограмм отображаются центральные слои каждой из томограмм, полученных при текущем обследовании данного пациента.

Щелчок мышью по изображению томограммы делает ее активной и открывает в расположенном ниже окне изображения всех слоев отмеченной томограммы. Для того, чтобы направить интересующий слой в контейнер печати надо выбрать его и дважды щелкнуть по нему левой кнопкой мыши. Выбранный слой попадает в контейнер и подсвечивается зеленым цветом. Эту операцию можно проводить для каждой томограммы обследования. В результате формируется контейнер, в котором отображены слои различных томограмм, которые намечены

для вывода на твердую копию. Для того чтобы распечатать сформированный контейнер надо нажать кнопку с изображением принтера  - появится окно интерфейса вывода на принтер:



В этом окне предусмотрено:

- выбор принтера и его настроек
- выбор макета листа для печати и расположения на нем снимков
- печать дополнительной информации на изображениях – личных данных пациента, параметров сканирования, времени и даты, пилотного изображения со следом плоскости сечения.

Если выбранная раскладка снимков не уместается на одном листе, то автоматически указывается количество необходимых страниц и все эти страницы будут напечатаны. При этом показывается только макет первой страницы.

Печать текстовых документов

Для печати текстовых документов – описания и заключения нажать



Появится макет страницы для текущего пациента, в который автоматически попадают:

- текст описания
- текст заключения
- фамилия и инициалы пациента
- год рождения
- уникальный номер пациента
- дата обследования
- фамилия врача, проводившего обследование

Предварительный протокол

Городская клиническая больница № 7

№ пациента: 1
 Год рождения: 1970
 Фамилия И.О.: Иванов А.Б.

Дата обследования: 11.01.2006

Описание
 На МР-томограммах коленного сустава в режимах T1 и T2

Заключение
 На МР-томограммах коленного сустава в режимах T1 и T2

Врач
 Смирнов А.В.

В верхней части страницы расположен бланк медицинского учреждения, который может быть составлен в любом текстовом редакторе, скопирован обычным образом и вставлен в окно *Шапка заключения* панели *Настройки*.

Это делается один раз, шапка запоминается и автоматически подставляется при печати текста для каждого пациента. При необходимости шапку можно отредактировать в любом текстовом редакторе и вставить в базу аналогичным способом.

Архивирование изображений на компакт дисках

Для архивирования изображений выбрать из основного меню *Сервис -> Архивировать* после чего появится панель архивирования

Архивация

Устройство: comboDevice Скорость: comboSpeed

Индикатор

Старт

Для архивирования вставить чистый компакт-диск и нажать кнопку *Старт*.

Операция длится несколько минут, в течение которых автоматически переписываются последние не архивированные файлы в объеме, равном максимальному свободному пространству на компакт диске. Место на жестком диске освобождается.

При просмотре базы данных текстовое сопровождение пиктограмм изображений архивных файлов будет более бледного оттенка, а при попытке открыть эти файлы для просмотра появится сообщение "Вставьте компакт – диск NNN".

Преобразование файлов изображений в формат DICOM 3.0

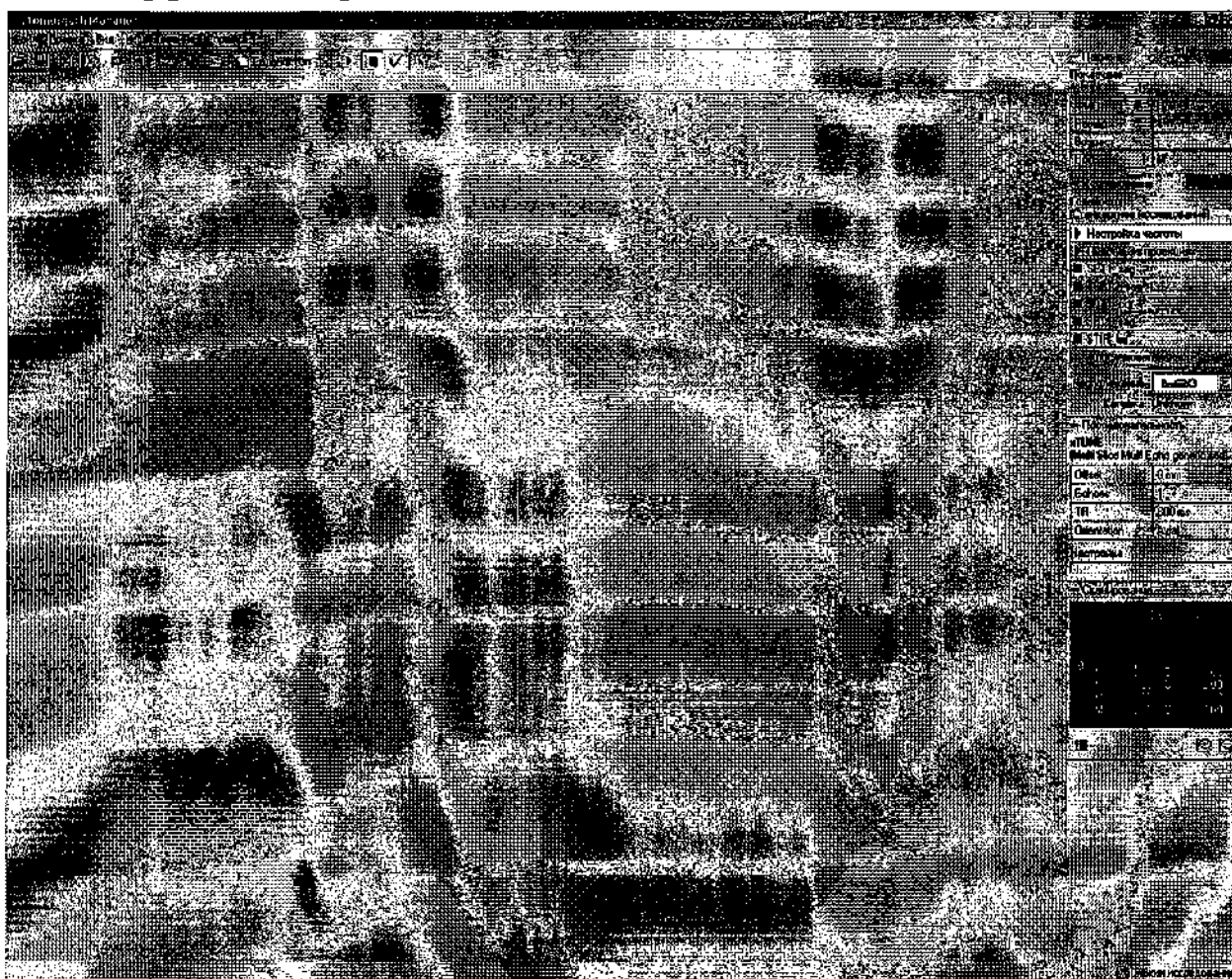
Для преобразования файлов изображений активного пациента в формат DICOM 3.0 выбрать из основного меню *Сервис -> Dicom*. После этого слои всех томограмм этого пациента преобразуются в отдельные файлы формата DICOM и попадают в каталог D:\DICOM, откуда их можно скопировать или просмотреть программами, поддерживающими формат DICOM 3.0, например eFilm.



Перед преобразованием в формат DICOM надо удалить из каталога D:\DICOM все файлы с расширением *.dcm

4.4 Интерфейс управления сканированием и сбора данных TOMMAN

Окно программы TOMMAN открывается при вызове из базы данных интерфейса сканирования нажатием кнопки .



Окно содержит 5 основных панелей:

- панель вывода изображений
- панель с исходными данными пациента
- панель исследования и редактирования протокола
- панель сканирования
- панель работы с изображениями

В верхней части основного окна расположены пиктограммы панели инструментов:



- открыть новое исследование (протокол сканирования)



- закрыть все окна с изображениями



- открыть файл с изображением



- сохранить файл изображений в базе данных



- отобразить слои мозаикой



- отобразить слои стопкой



- отобразить/скрыть дополнительную информацию поверх изображения

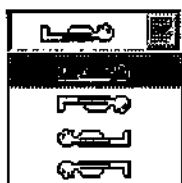


- обрезка изображения (активна только в режиме просмотра "стопкой")

Работа с программой начинается с выбора протокола сканирования

(исследования). Для этого надо нажать кнопку с пиктограммой  "Новое исследование"

Перед запуском протокола для правильной ориентации плоскостей сечений необходимо задать положение пациента в магните, используя раскрывающийся список, *Расположение* под окном с протоколом сканирования.



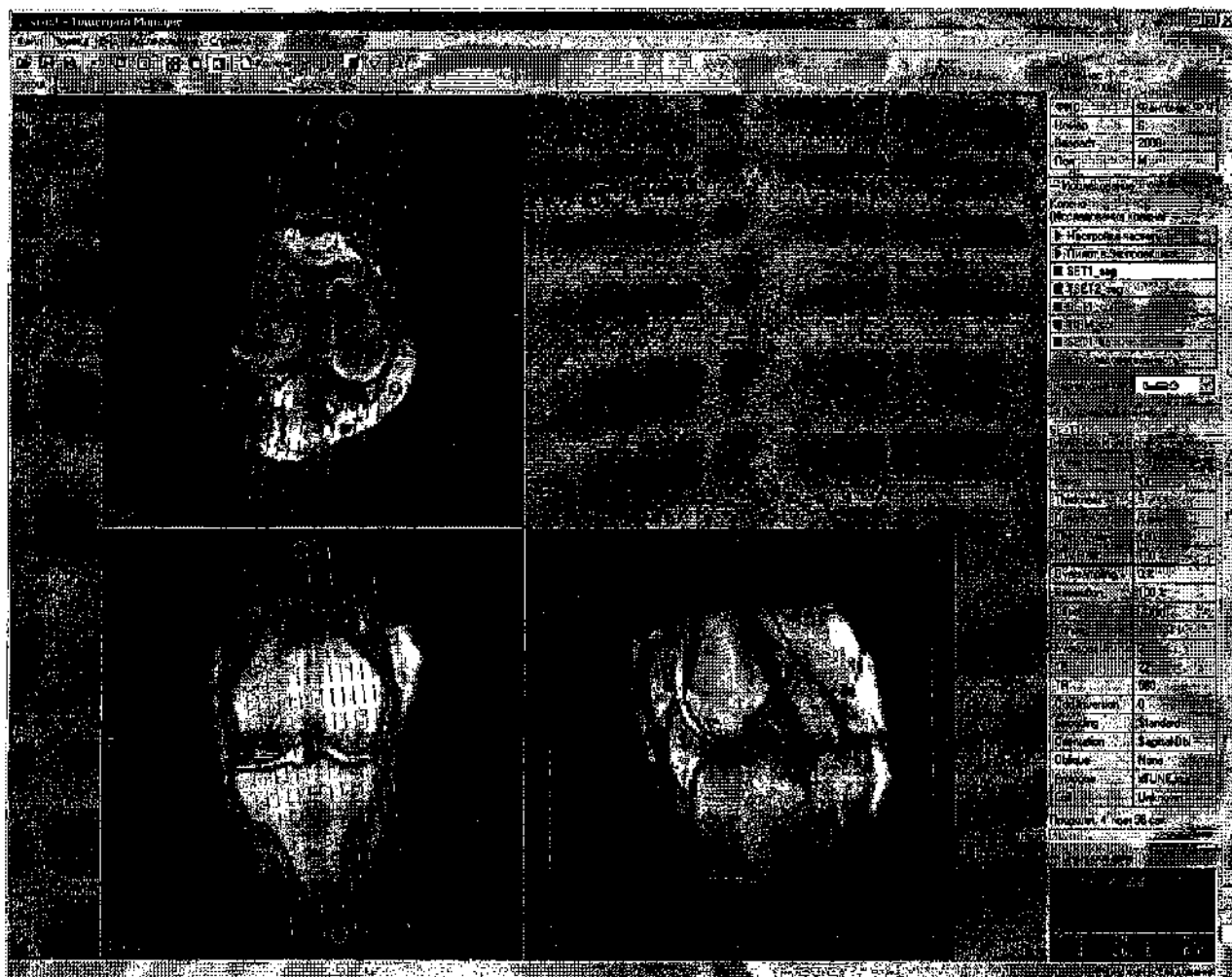
При исследовании верхних и нижних конечностей по умолчанию задается положение "головой к магниту" Patient position: 

+ Информация	
№ ИБ	2345
ФИО	Иванов И.И.
Пол	М
Возраст	43

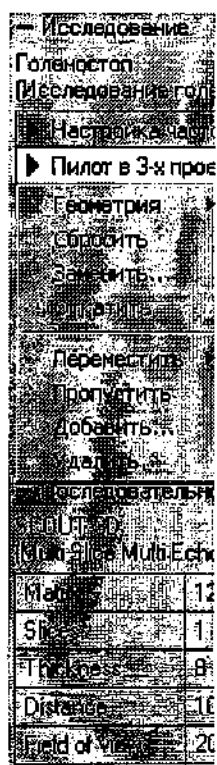
Панель с данными пациента содержит исходные данные, предварительно введенные в базе данных, или пустые поля, если программа используется автономно. В процессе сканирования эти данные могут редактироваться в соответствующих полях. Панель может быть закрыта нажатием значка +

Первыми программами в списке протокола сканирования выполняются автоматическая настройка частоты и пилот в 3- проекциях, результатом работы которого является прицельное изображение исследуемого сустава в трех основных плоскостях: аксиальной, сагиттальной и фронтальной.

Наличие значка  слева от названия последовательности означает, что соответствующая программа в процессе исполнения протокола запускается без приостановки. Значок  означает, что перед выполнением данной последовательности программа приостанавливается. Это сделано для того, чтобы дать возможность пользователю произвести прицеливание перед стартом данной последовательности. После получения пилотного изображения в 3-х проекциях, как правило, исследование приостанавливается, и пользователь может произвести прицеливание по полученному изображению для всех последовательностей из списка протокола.



В случае, если требуется переукладка пациента, имеется возможность повторения пилотного сканирования путем его возвращения к исходному состоянию (откат). С этой целью надо нажать правую кнопку мыши на последовательности "Пилот в 3-х проекциях" в списке на панели "Исследование" и выбрать пункт меню "Откатить".



Для продолжения исследования необходимо произвести прицеливание всех последовательностей протокола по полученному пилотному изображению. Для этого надо выбрать текущую последовательность в списке протокола, щелкнув по ней левой клавишей мыши – на пилотном изображении отразятся линии сечений, соответствующие параметрам последовательности, установленным в соответствии с протоколом (создание и редактирование протоколов см.ниже).

На панели параметров последовательности можно изменять следующие данные :

- *Matrix* – размер матрицы изображений
- *Slices* – количество слоев
- *Thickness* – толщина слоя
- *Distance* - расстояние между центрами слоев
- *Field of view* – поле зрения
- *FOV Ratio* – отношение размера поля зрения по фазокодированию к заданной величине Field of view, выраженное в процентах (прямоугольное поле зрения)
- *Resolution* – пространственное разрешение по фазокодированию относительно пространственного разрешения по частотному кодированию, выраженное в процентах (прямоугольный пиксел)
- *Oversampling* – процент расширения зоны фазового кодирования относительно заданного Field of view, выраженный в процентах и используемый при выходе части объекта за пределы поля зрения с тем, чтобы исключить “завороты” изображения
- *Offset* - смещение центрального слоя относительно центра пилотного изображения
- *Averages* – количество накоплений
- *TR* – время повторения
- *Encoding* – направление градиентов чтения и фазокодирования (стандартное или альтернативное)
- *Orientation* – ориентация сечения
- *Coil* –название используемой катушки (определяется автоматически)

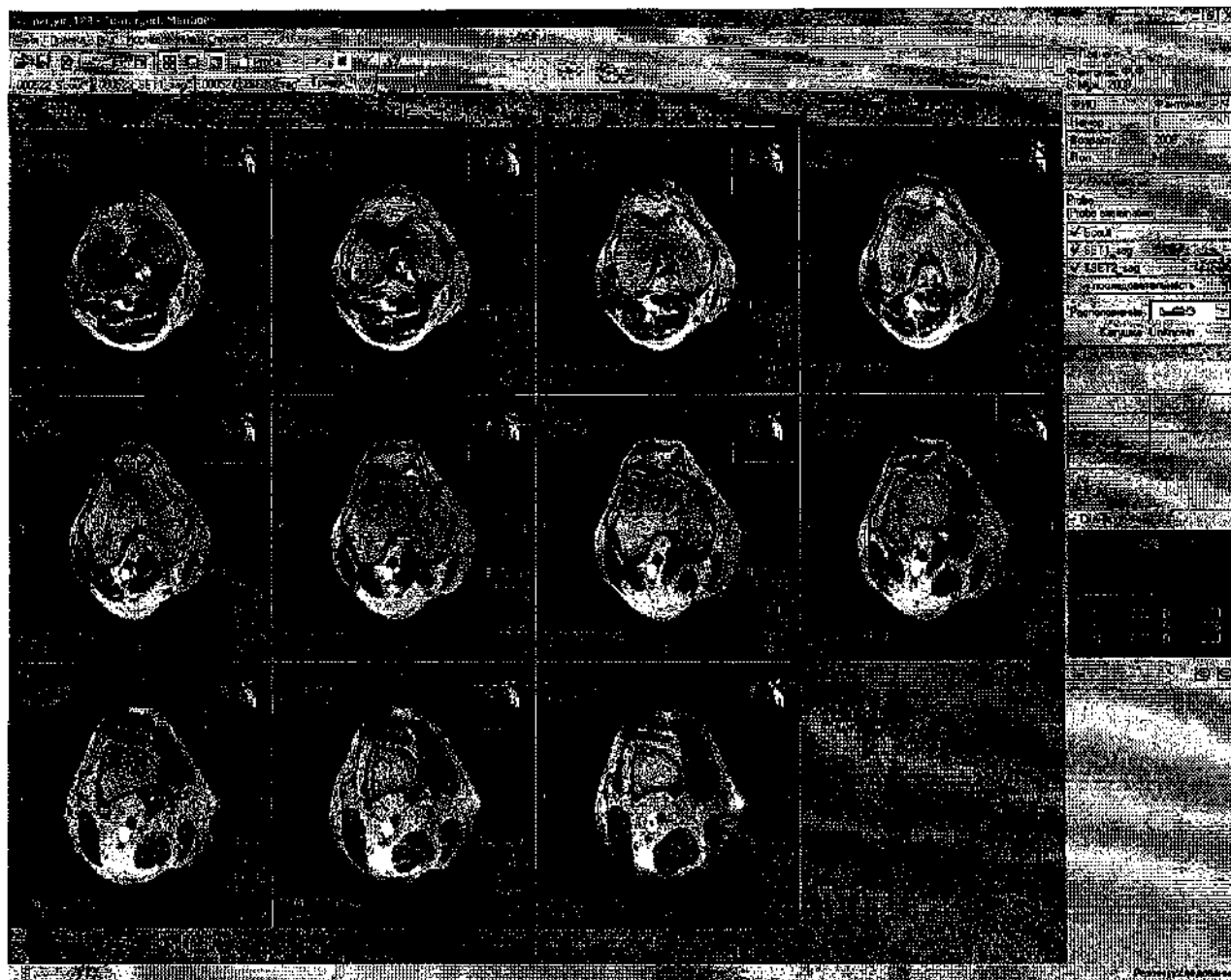
Поля *Echoes* и *TE* – информационные.

Положение и наклон плоскостей сечений можно задавать с помощью манипулятора мышь, удерживая левую кнопку и смещая или поворачивая слои (в зависимости от вида появляющегося маркера  или )

После прицеливания и необходимой модификации параметров последовательность подготавливается к сканированию щелчком левой кнопки мыши рядом с именем последовательности, при этом кнопка  трансформируется в кнопку .

Описанные выше операции повторяются для каждой последовательности протокола, после чего все исследование запускается на сканирование нажатием кнопки  в меню в верхней части окна интерфейса сканирования.

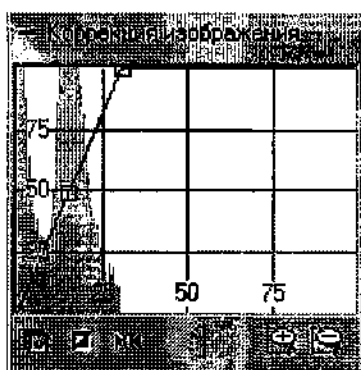
Закончившиеся последовательности отмечаются в списке протокола галочкой , а закладки полученных по ним томограмм появляются в верхней части окна



В процессе сканирования будут выводиться графики принимаемого сигнала, масштаб которых изменяется кнопками  и . Кнопка  показывает/скрывает панель включения/выключения графиков и сетки.

Над окном графиков показывается время, оставшееся до конца сканирования. Сканирование может быть в любой момент остановлено нажатием кнопки .

После окончания сканирования происходит автоматическая реконструкция и отображение слоев. При этом на месте окна графиков появится панель работы с изображениями



Эта панель позволяет с помощью мыши изменять яркостное окно активной томограммы или слоя изображения как линейно, так и нелинейно. Внизу панели расположены кнопки управления:

-  - применить яркостное окно ко всем слоям
-  - негативное изображение
-  - вернуться к яркостному окну по умолчанию
-  - увеличение масштаба гистограммы
-  - уменьшение масштаба гистограммы

Для линейного изменения окна яркости необходимо тянуть график за один из его концов, в одном случае осветляя, а в другом – затемняя изображение.

Для нелинейного изменения необходимо тянуть график за середину.

Перед сохранением изображения его можно обрезать до нужных размеров, нарисовав на изображении соответствующий прямоугольник и используя команды основного меню *Правка->Обрезать*.



Для сохранения полученных изображений надо выбрать закладку интересующего изображения в верхней части окна и нажать кнопку  на основной панели инструментов. Альтернативный метод - нажать правую кнопку мыши на закладке изображения и выбрать пункт "Сохранить". В обоих случаях томограмма сохранится в базе данных.

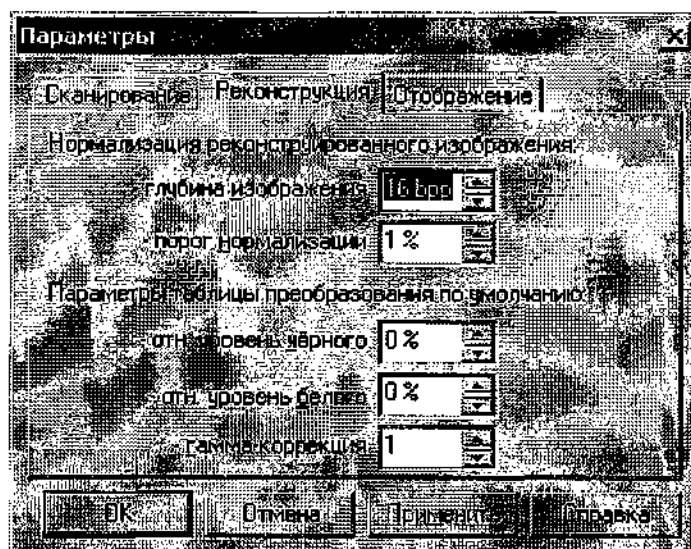
Для сохранения всех изображений надо после нажатия правой кнопки мыши выбрать пункт "Сохранить все"

Дополнительные возможности

Дополнительные возможности программы реализованы через основное меню.

В подменю *Правка* можно повернуть или отразить слои томограммы, а также удалить слой (дублируется сочетанием клавиш *Alt+Del*).

В подменю *Вид->Параметры* можно управлять некоторыми параметрами программы.



Доп. информация:

- цвет фона и текста для вывода дополнительной информации на изображении
- размер пилотной картинке, выводимой поверх изображения

Коррекция:

- параметры яркостного окна по умолчанию

Реконструкция:

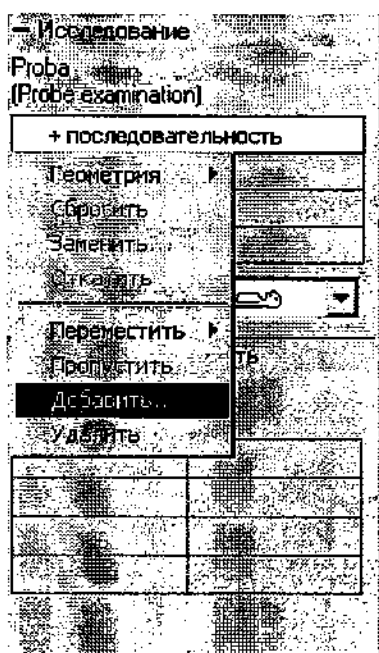
- количество бит при сохранении файлов томограмм (8 или 16)
- порог нормализации – относительное количество пикселей с наибольшими и наименьшими значениями, отбрасываемых при реконструкции (это наряду с окном влияет на яркостное разрешение)

Создание и редактирование протокола исследований

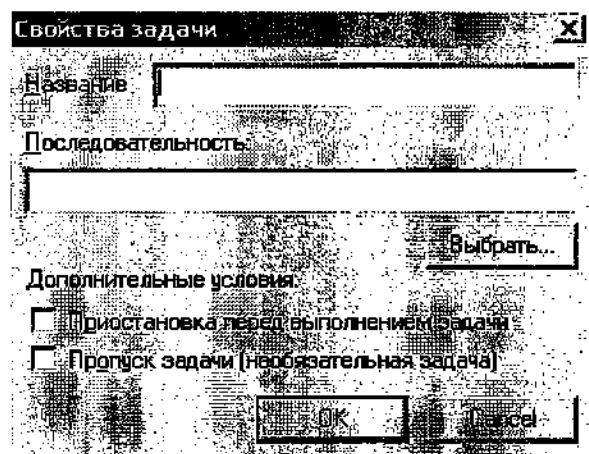
Для создания нового протокола сканирования выбрать пункт меню **Исследование – Создать**. Справа в окне “Исследование” появится пустая запись.



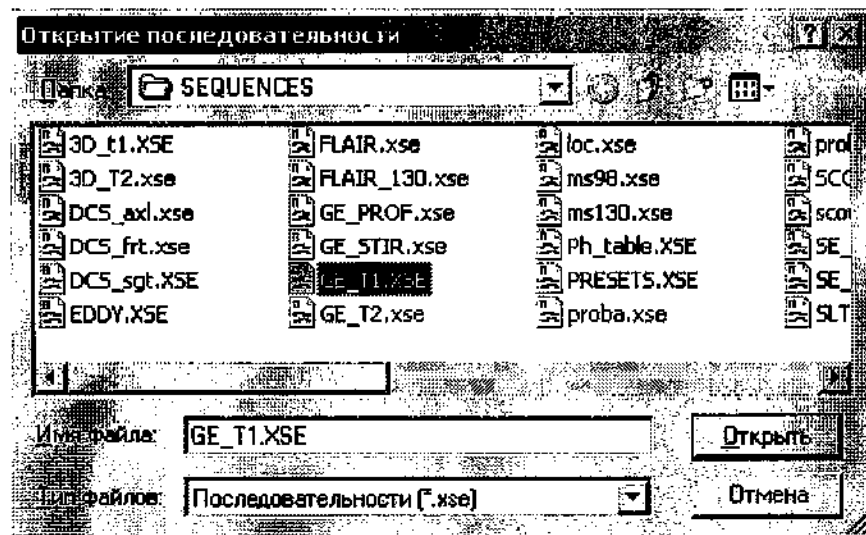
Нажать правой кнопкой мыши на строчке **+последовательность** и в появившемся меню выбрать “Добавить”



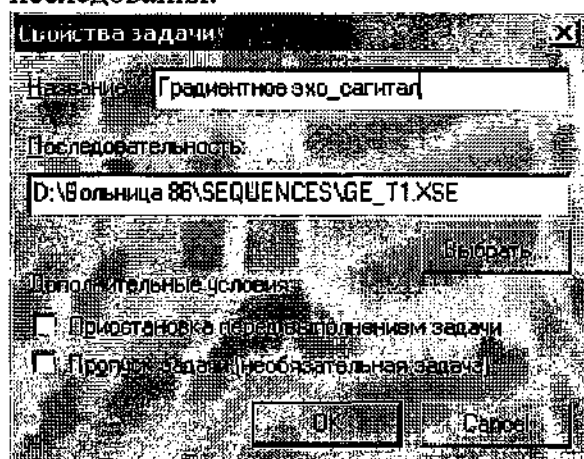
После этого действия появляется панель выбора последовательностей



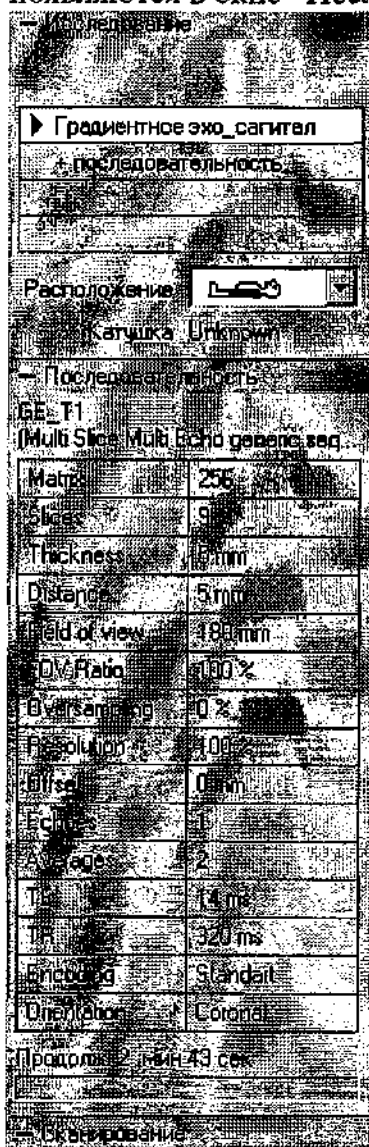
По нажатию клавиши *Выбрать* программа переходит в окно списка последовательностей



После выбора необходимой последовательности из списка имя соответствующего файла появляется в окне "Свойства задачи". Затем выбранной последовательности дается понятное пользователю имя, с которым эта последовательность будет появляться в протоколе исследования.



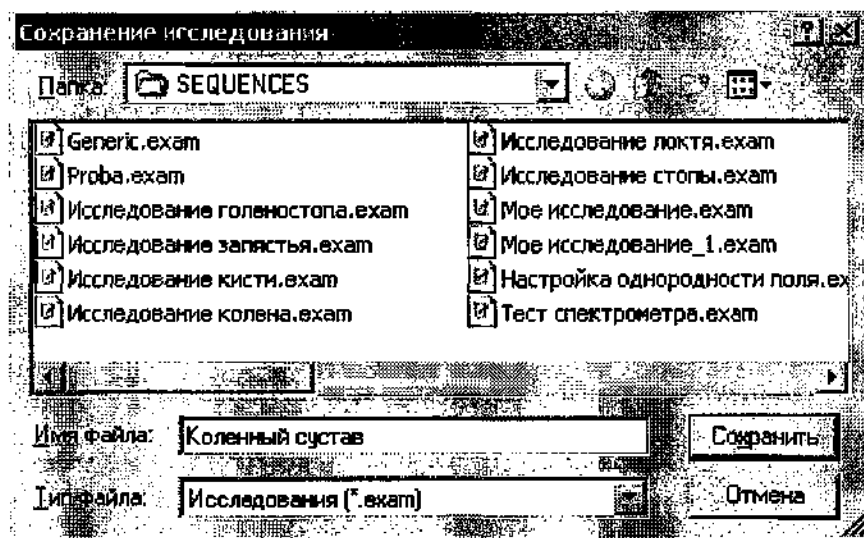
При нажатии ОК выбранная последовательность и список ее параметров появляются в окне "Исследование"



Если перед выполнением последовательности по ходу протокола необходимо произвести прицеливание, то в окне "Свойства задачи" отмечается пункт "Приостановка перед выполнением задачи". Слева от имени последовательности в окне "Исследования" приостановка отмечается символом .

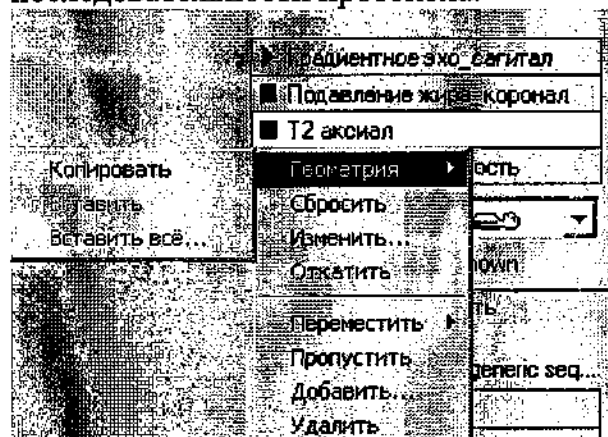
Пользователь выбирает необходимые значения параметров и переходит к добавлению следующей последовательности в протокол описанным выше способом.

После завершения добавления последовательностей необходимо сохранить созданный протокол. Для этого надо открыть пункт меню основного окна "Исследование" - "Запомнить"



В строке "Имя файла" надо присвоить уникальное имя созданному протоколу исследования. Теперь протокол с этим именем можно открывать для сканирования.

Чтобы редактировать уже созданный протокол исследования после его открытия надо нажать правую кнопку мыши на выбранной последовательности протокола.



Выбором соответствующего пункта меню можно производить следующие действия:

Геометрия – копировать геометрические параметры последовательности, включая смещение центрального слоя и угол наклона слоев, с тем чтобы в

точности повторить эту геометрию для любой другой последовательности протокола (пункт "Вставить")

Сбросить – возврат к параметрам последовательности, заданным по умолчанию

Изменить – заменить данную последовательность любой другой из доступных в окне "Открытие последовательности" (см.выше). Эта операция аналогична добавлению новой последовательности вместо текущей из протокола.

Переместить – переместить последовательность выше или ниже в списке протокола исследования

Пропустить – не выполнять последовательность в ходе протокола

Добавить – добавить в список протокола новую последовательность

Удалить – удалить последовательность из протокола

Примечание : Внесенные изменения не сохраняются на следующий сеанс исследования в случае если пользователь не сохранил изменения выбором "Исследование"- "Запомнить" (см.выше).

Инженерный режим

Для перехода в инженерный режим необходимо выбрать любую последовательность из протокола и выполнить из основного меню Вид->Мастер.

После этого откроется окно инженерного режима для редактирования последовательностей и настройки параметров.

Параметры	Установки	Микроустановка										
Magn	256	Field Factor	35 Hz/mm	Field Factor	160	20	+ zoom					
Scale	5	Row Factor	10298072817	Row Factor	0	0	0	0	-1	0		
Thickness	5 mm	Offset GA	0	Time	512	512	Amplitude				+ zoom	
Distance	5 mm	Offset GB	20	Row Extent	256	256	+ zoom					
Field of View	100 mm	Offset GY	30	Long Extent	256	256	+ zoom					
FOV Ratio	100%	Offset GZ	12	ExpCorr GX	1	60	0	0	0	0	+ zoom	
Oversampling	10%	Core Field	0	ExpCorr GY	0	0	0	0	0	0	+ zoom	
Resolution	100%	Scale GA	1	ExpCorr GZ	1	80	0	0	0	0	+ zoom	
Offset	0 mm	Scale GB	1	Offset Mix	0	0	0	0	-1	0		
Echoes	1	Scale GY	100%	Prog Table	1029807	1029807	10298157	1029807	10298457	10300107		
Averages	2	Scale GZ	100%	+ zoom								
Samples	512	Denominator	1000									
SampleRate	30 m/s	Trigger	0									
TE	14 ms	FieldTick	5000 Hz									
TR	320 ms	+ zoom										
PGA	13 db											
TFront	1000											
LPF	8300 kHz											
Encoding	Standard											
Parent Pns	0											
Odd Inversion	1											
Distortion	Cancel											
FieldTick	5000 Hz											
Dot	Dot											



Изменение параметров в инженерном режиме осуществляется техническим персоналом, имеющим соответствующую подготовку и прошедшим инструктаж по работе в инженерном режиме

4.5 Интерфейс просмотра и анализа томограмм IMAGIC

Окно программы *Imagic* появляется при вызове из базы данных интерфейса просмотра и анализа томограмм путем двойного щелчка мышью по интересующей томограмме или последовательными щелчками по нескольким выбранным томограммам.



В верхней части основного окна расположены пиктограммы панели инструментов:

-  - открыть файл изображения
-  - сохранить файл изображения
-  - вывести изображения на печать
-  - копировать изображение слоя в Clipboard
-  - вставить изображение слоя из Clipboard
-  - “вытащить” активный слой из томограммы
-  - прямоугольный шаблон для рисования областей на изображении
-  - линейный шаблон для рисования областей на изображении
-  - режим отображения окна навигатора для позиционирования “лупы”
-  - режим отображения окна статистики

 - вызов редактора для изменения текста, сопровождающего изображение

   - кнопки выбора способа масштабирования

 - относительный размер матрицы изображения на экране

 - подгонка изображения к окну

 - подгонка окна к изображению

 - включение режима интерполяции при увеличении масштаба

 - включение режима изменения окна яркости

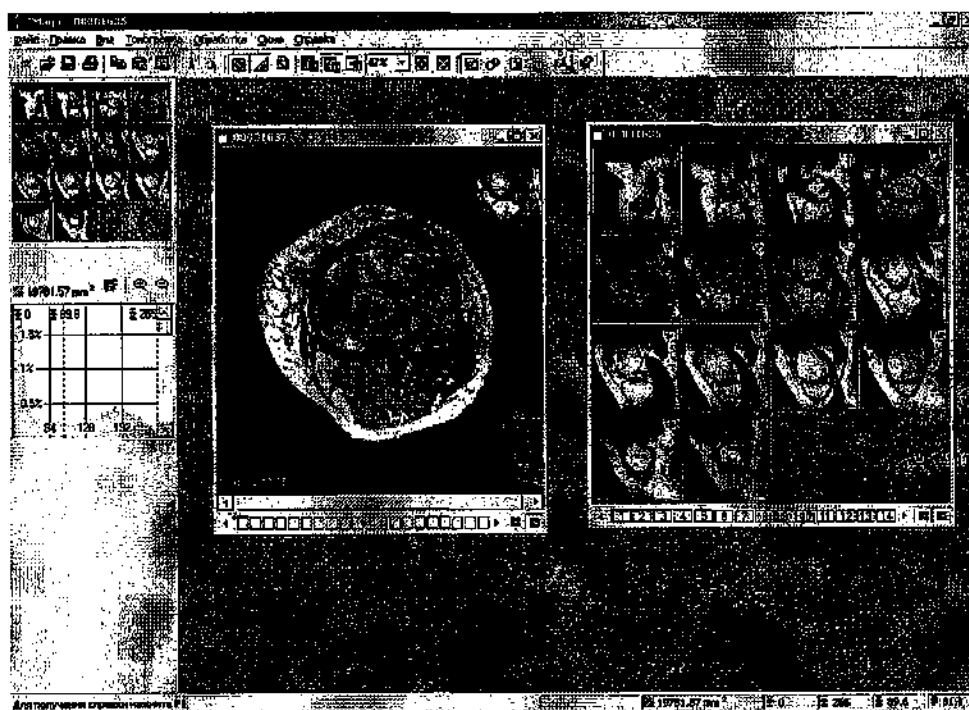
 - поворот изображения томограммы

 - обрезка томограммы (включается при отрисовке области обрезки)

Просмотр томограмм

Просмотр томограмм возможен в 2-х режимах:

- *Мозаика* – все слои видны одновременно в одном окне
- *Столка* – все слои один под другим



В правом углу внизу окна томограммы расположены 2 кнопки. Левая кнопка  управляет расположением слоев. Первоначально томограмма имеет вид столки. При нажатии этой кнопки слои выводятся мозаикой. Повторное нажатие кнопки  возвращает к просмотру столкой. Перелистывание слоев в столке возможно или с помощью мыши путем нажатия номера слоя на линейке внизу окна или с клавиатуры стрелками $\uparrow \downarrow$.

Правая кнопка  управляет выводом сопроводительной текстовой информации и пилотной картинкой на изображении. Повторное нажатие кнопки удаляет текст и пилотную картинку с изображения.

Для просмотра интересующего слоя рекомендуется расположить слои мозаикой, отметить мышью нужный слой (он выделится белым квадратом) и нажать кнопку управления расположением слоев – выбранный слой выведется в стопке первым.

Для управления расположением мозаики (по сколько слоев в ряду) необходимо в режиме мозаика отметить цифру на нижней линейке, которая будет указывать на число слоев в ряду – например при нажатии “3” слои будут располагаться по 3 в ряд.

Для перехода в полноэкранный режим просмотра нажать клавишу F9. Выход из полноэкранного режима осуществляется нажатием любой клавиши или кнопки мыши.

Увеличение или уменьшение размеров активного окна просмотра происходит стандартным образом растягиванием или сжатием окна зп любой его угол при нажатой и удерживаемой кнопке мыши.

Удаление слоев и обрезка томограммы

Для удаления неинформативных слоев необходимо:

- расположить слои мозаикой
- щелкнуть мышью по удаляемому слою – он выделится белым квадратом
- нажать одновременно клавиши *Alt* и *Del* – слой удалится из томограммы
- выделить следующий слой и повторить аналогичные действия

Для обрезки одновременно всех слоев томограммы:

- нажать на панели инструментов кнопку прямоугольного выбора 
- удерживая нажатой левую кнопку мыши, протяжкой нарисовать на изображении прямоугольник – область обрезки – и отпустить кнопку
- нажать на панели инструментов кнопку обрезки  - все изображения в стопке обрежутся до выбранного прямоугольника. Их можно теперь просмотреть мозаикой

На обрезанных изображениях можно включить сопроводительную информацию

Изменение окна яркости

Окно яркости можно изменять двумя способами.

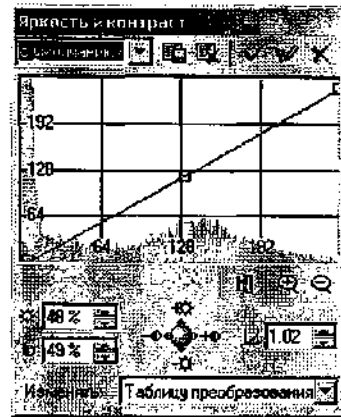
а) Изменение окна яркости отдельного слоя без запоминания в файле томограммы:

Удерживать клавишу *Ctrl* и левую кнопку мыши – курсор мыши примет вид 

Перемещать мышью, продолжая удерживать клавишу *Ctrl* и кнопку мыши до получения нужной яркости и контраста.

б) Изменение окна яркости отдельного слоя или всей томограммы запоминанием в файле томограммы:

Нажать на панели инструментов кнопку  - появится окно управления яркостью и контрастом



Назначение основных кнопок окна :

-  - сохранить окно выбранного для слоя
-  - сохранить окно для всех слоев томограммы
-  - вернуться к первоначальному окну
-  - негатив

Изменять окно можно, либо перемещая шарик, ухватившись за него курсором мыши, либо тянуть курсор, совместив его с любым из маркеров  на линии в окне гистограммы.

Режим "лупа"

Для входа в режим:

- нажать на панели инструментов кнопку прямоугольного выбора 
- удерживая левую кнопку мыши, протяжкой нарисовать прямоугольник в окне навигатора, расположенного в левом верхнем углу основного окна и отпустить кнопку
- перемещая прямоугольник, двигать "лупу" по изображению в окне навигатора



Измерения на изображениях

Измерения возможны в 2-х режимах:

- режим прямоугольного выбора 
- режим произвольного выбора 

В режиме прямоугольного выбора можно измерить площадь области, оговоренной прямоугольником, и статистические характеристики яркости внутри этой области. Прямоугольник рисуется на изображении путем нажатия левой кнопки мыши, протягивания последней и отпускания кнопки. Результаты измерений высвечиваются внизу на экране.



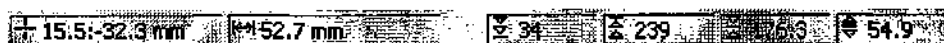
Смысл цифр на панели измерений в порядке их следования слева направо:

- координаты положения курсора в системе координат, связанной с матрицей изображения и откалиброванной в соответствии с заданным полем зрения (FOV)
- размеры X,Y выделенной прямоугольной области на изображении
- минимальная яркость в пределах выделенной области
- максимальная яркость в пределах выделенной области
- среднее значение яркости в пределах выделенной области
- среднеквадратическое отклонение яркостей в пределах выделенной области

В режиме произвольного выбора можно измерить площадь и статистические характеристики яркости области, оговоренной многоугольником или произвольной замкнутой линией, а также длины линий и углы между двумя линиями.

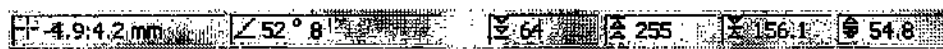
Для рисования *линии*:

- поставить курсор в начале будущей линии и щелкнуть левой кнопкой мыши
- перемещая мышь без нажатия каких-либо кнопок, нарисовать линию и щелкнуть левой кнопкой 2 раза (2 щелчка всегда обозначают завершение построения)
- длина линии в мм высветится во второй колонке панели измерений.



Для измерения угла:

- нарисовать первый отрезок, образующий угол, так же, как описано выше для линии, но щелкнуть после перемещения мыши не 2, а один раз (построение не завершено)
- перемещая курсор, нарисовать второй отрезок угла аналогичным образом и щелкнуть 2 раза
- угол в градусах высветится внизу экрана



Для рисования многоугольника необходимо аналогичным образом провести все линии, образующие многоугольник, а конец последней линии подвести к началу первой как можно ближе и щелкнуть 2 раза, замкнув многоугольник.

Стирание последней нарисованной линии во всех случаях производится нажатием правой кнопки мыши.

Стирание всей фигуры производится нажатием левой кнопки мыши в поле вне контура фигуры.

Для рисования произвольной замкнутой кривой удерживая нажатой левую кнопку, перемещать мышь. В конце отрисовки подвести последнюю точку контура к начальной точке как можно ближе и щелкнуть 2 раза, замкнув контур. Площадь контура высветится внизу экрана на панели измерений.

Блокнот

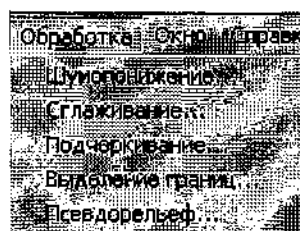
Блокнот вызывается нажатием на панели инструментов кнопки

В блокноте автоматически отображается информация о последовательности, которая может быть удалена и в этом случае не появится на печати. В блокноте можно редактировать данные пациента и делать текстовые заметки, сохраняющиеся в файле томограммы вместе с изображениями слоев.

Постобработка

Постобработка изображений включает в себя несколько методов фильтрации шумов, подчеркивания деталей и выделения границ контуров на изображении.

Постобработка может проводиться как для всего слоя или томограммы, так и внутри выделенной области. Вызов методов постобработки осуществляется из главного меню выбором пункта *Обработка*.

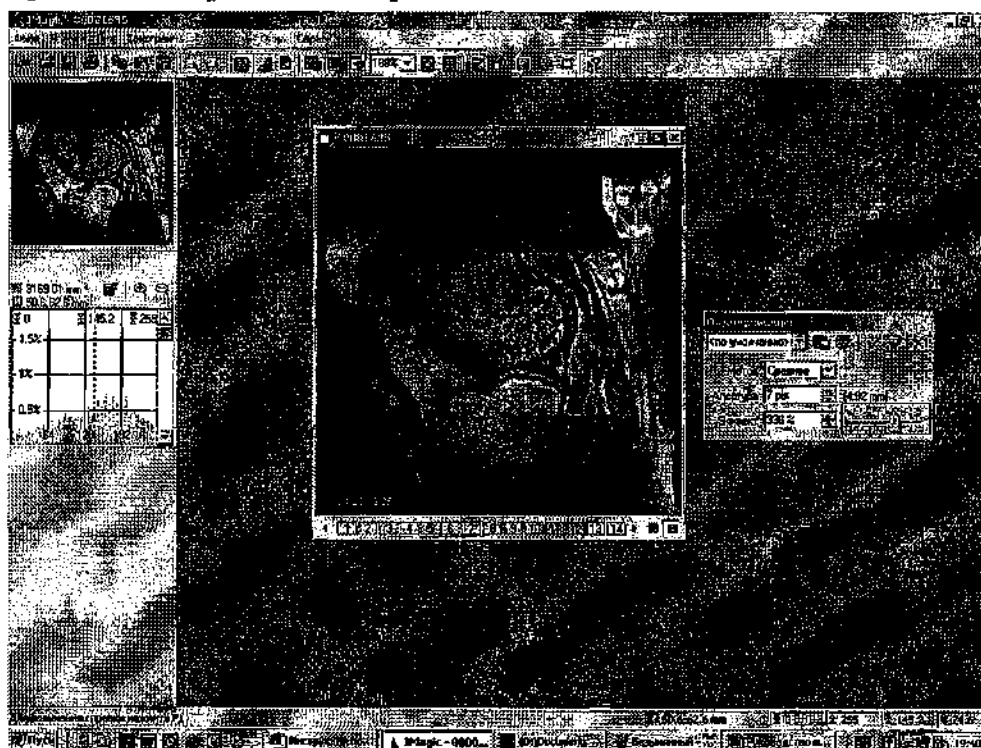


После выбора метода появляется панель параметров в котором можно изменять параметры выбранного метода:



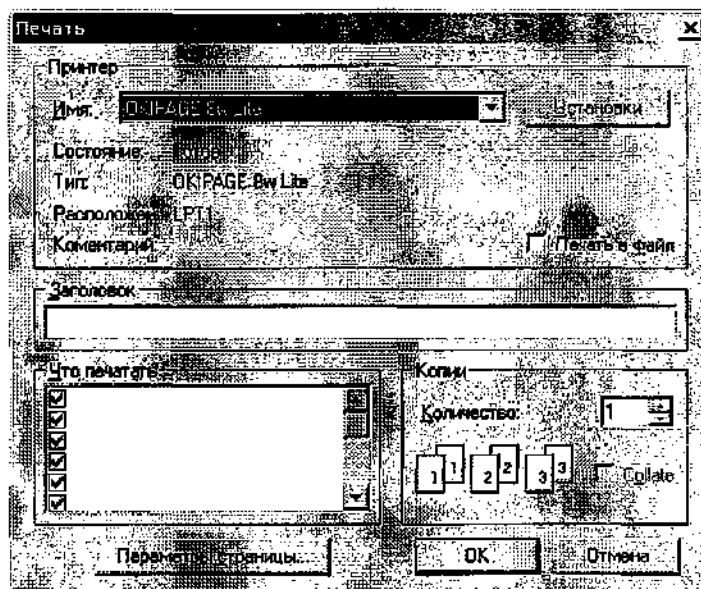
Кнопки наверху панели имеют такой же смысл, как описанные выше для панели управления окном яркости.

При изменении параметров метода результаты обработки появляются на изображении в пределах выбранной области.



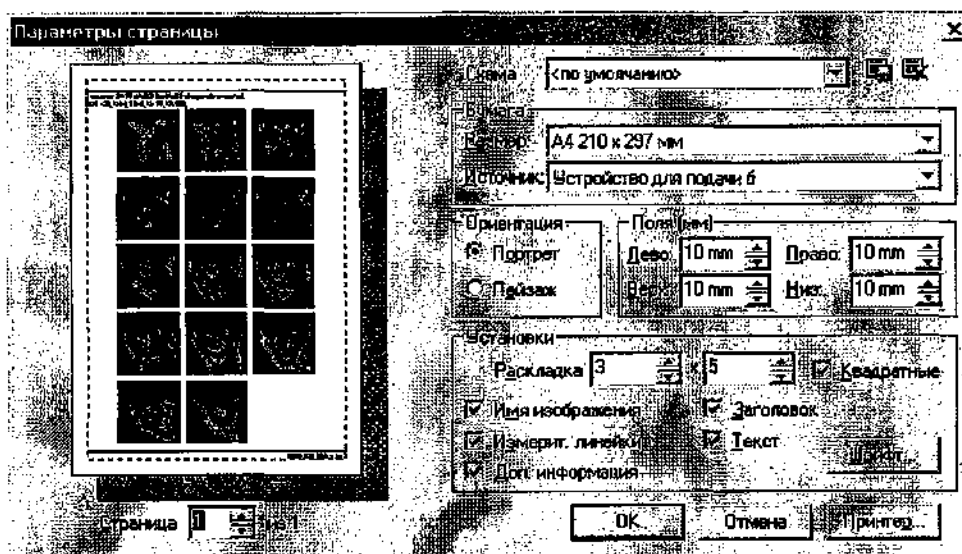
Печать изображений

Вход в диалог печати осуществляется из основного меню *Файл-Печать*.



В первом окне можно выбрать установки принтера и отметить слои, которые следует печатать.

Для предварительного просмотра печатаемого листа необходимо войти в окно "Параметры страницы". В этом окне выбирается раскладка изображений на листе (например, 3x3 или 1x4). Под макетом листа сообщается, сколько страниц будет напечатано при данной раскладке. Каждая страница может быть предварительно рассмотрена.



В нижней части окна на панели *Установки* задаются параметры для вывода на печать сопроводительной информации:

Имя изображения – выводить/не выводить на печать номер слоя

Измерит. линейки - выводить/не выводить на печать измерительные линейки с цифрами

Доп. информация - выводить/не выводить на печать на изображении пилотную картинку и информацию о параметрах последовательности (последняя может быть удалена с помощью блокнота)

Заголовок - выводить/не выводить на печать данные о пациенте и дату обследования

Текст - выводить/не выводить на печать текст заключения врача внизу последнего листа и текстовую информацию о последовательности наверху первого листа (последняя может быть удалена с помощью блокнота).

Анкета безопасности

(образец)

ВНИМАНИЕ!**Сильное магнитное поле**

Для обеспечения Вашей безопасности при обследовании просим Вас
внимательно прочитать, заполнить и подписать эту анкету.

Имеются ли в Вашем теле имплантаты, которые активизируются электронным, магнитным или механическим путями, металлические имплантаты? Обведите правильный ответ:

Искусственный водитель сердечного ритма, дефибриллятор	Да	Нет
Клипсы для сосудов головного мозга	Да	Нет
Зажимы для сонной артерии	Да	Нет
Внутрисосудистые имплантаты, стенты, фильтры	Да	Нет
Сердечные клапаны	Да	Нет
Слуховые имплантаты	Да	Нет
Глазные имплантаты	Да	Нет
Стоматологические протезы, мосты	Да	Нет
Любые магнитные имплантаты	Да	Нет
Электростимулятор нервов и костей	Да	Нет
Искусственный сустав, ортопедический протез либо приспособление (указать)	Да	Нет
Пули, дробь, осколки, металлическая стружка и другие предметы из ферромагнитных материалов	Да	Нет
Внутриматочные контрацептивы	Да	Нет
Беременны ли Вы, возможно беременны, кормите грудью	Да	Нет

Подвергались ли Вы когда – либо хирургическим вмешательствам?

Если да, то каким и когда? _____

Работали ли Вы с металлом? (профессии слесарь, сварщик и т.д.) _____

Были ли у Вас травмы металлическими предметами? _____

Следующие предметы могут затруднить проведение обследования, быть причиной травмы в сильном магнитном поле или их работа может быть нарушена. Эти предметы следует оставить перед входом в диагностическую комнату. Отметьте наличие этих предметов:

Слуховой аппарат	Ключи, карманный нож, зажигалка
Очки, часы	Ручка, карандаш
Заколки для волос, булавки	Съемные протезы
Металлические украшения	Ремень, подтяжки
Кошелек, монеты, записная книжка	Металлические пуговицы, кнопки
Кредитная карточка	Другие металлические предметы

Удостоверяю, что я ознакомился с анкетой и понял её содержание.

Ответы соответствуют моим знаниям о заданных вопросах.

Ф.И.О. _____

Подпись _____ Дата _____

Засвидетельствовано _____

Принцип получения изображений

Томограф предназначен для получения изображения внутренних органов человека в плоско-параллельном срезе заданной толщины и ориентации.

Принцип действия томографа основан на явлении ядерно-магнитного резонанса (ЯМР), состоящего в том, что ядра некоторых химических элементов, будучи помещенными в сильное магнитное поле поглощают электромагнитную энергию на определенной частоте, а затем через некоторое время испускают ее, что может быть зарегистрировано радиотехническим приемным устройством.

В томографе регистрируется ЯМР сигнал от ядер водорода - протонов.

В постоянном магнитном поле B_0 ориентация магнитных моментов протонов перестает носить хаотический характер и элементарные магнитные моменты ориентируются вдоль внешнего поля, прецессируя вокруг него с частотой Лармора, зависящей от напряженности поля.

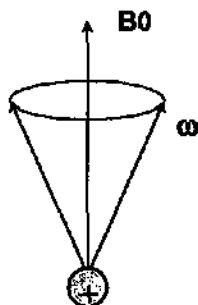


Рис. В.1

Частота прецессии:

$$\omega = \gamma B_0, \text{ где}$$

B_0 -напряженность магнитного поля

γ -гиромангнитная постоянная, которая для протонов равна 42.58 МГц/Тесла

Прецессируя, протоны излучают электромагнитную энергию. Однако зафиксировать это излучение практически невозможно из-за очень малого угла прецессии и несинфазности вращения элементарных магнитных моментов. Для того, чтобы сделать это излучение достаточным для измерения необходимо повернуть вектор суммарного магнитного момента M_0 в плоскость XOY , перпендикулярную направлению внешнего поля так, чтобы магнитный момент продолжал прецессировать относительно поля с углом 90° .

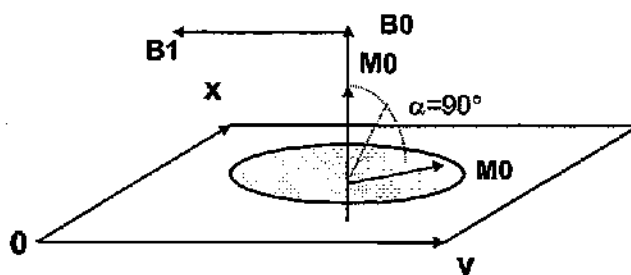


Рис. В.2

С этой целью на основное магнитное поле накладывают переменное электромагнитное поле B_1 , параллельное плоскости XOY , с частотой, равной резонансной частоте Лармора. Во время действия поля B_1 вектор намагниченности M_0 будет прецессировать уже и вокруг поля B_1 , поворачиваясь в плоскость XOY с угловой скоростью

$$\omega_1 = \gamma B_1$$

Если излучение B_1 прекратить в момент поворота вектора намагниченности на 90° , то принято говорить, что приложен 90° радиочастотный (РЧ) импульс. После 90° - РЧ -импульса вектор намагниченности M_0 будет вращаться в плоскости XOY , излучая электромагнитный сигнал, который можно зарегистрировать с помощью радиоприемного устройства, снабженного приемной антенной. Этот сигнал (спад свободной индукции - ССИ) будет затухать с постоянной времени *спин-спиновой релаксации* (T_2), зависящей от физико-химического состава исследуемых тканей. Для того чтобы получить ЯМР-сигнал в следующем сеансе измерений необходимо выждать некоторое время, в течение которого восстановится исходная намагниченность, направленная вдоль основного поля. Это время называется временем *спин-решеточной релаксации* (T_1) и также зависит от физико-химического состава тканей.

Измеряемый приемником ЯМР сигнал является суммой всех элементарных колебаний от локальных частей исследуемого объекта на одной и той же резонансной частоте ω и не позволяет получить изображение. Для того, чтобы построить изображение необходимо разнести частоты от разных точек объекта так, чтобы от каждого локального объема шел сигнал на своей частоте.

Тогда амплитуда колебаний в каждой точке объекта будет нести информацию о плотности протонов в данной точке и путем математической обработки (обратного преобразования Фурье) можно выделить эти амплитуды из суммарного сигнала и построить изображение.

С целью кодирования пространства исследования по частоте к основному магнитному полю добавляют небольшие постоянные магнитные поля, линейно изменяющиеся по трем основным осям и называемые градиентными полями. Напряженность магнитного поля и, соответственно, частота резонанса в каждой точке пространства будет теперь зависеть от ее координат:

$$\omega(x,y,z) = \gamma(B_0 + xG_x + yG_y + zG_z)$$

где G_x, G_y, G_z - градиенты по соответствующим осям

Таким образом, накладывая в определенные моменты времени различные по длительности и амплитуде градиенты и каждый раз собирая и оцифровывая суммарный ЯМР сигнал, можно математическими методами построить изображение протонной плотности объекта (чем больше протонов - тем выше яркость). Процесс выдачи градиентных и РЧ-импульсов и сбора данных называется импульсной последовательностью. Типичный пример импульсной последовательности, используемой для практического применения, приведен на рис. В.3

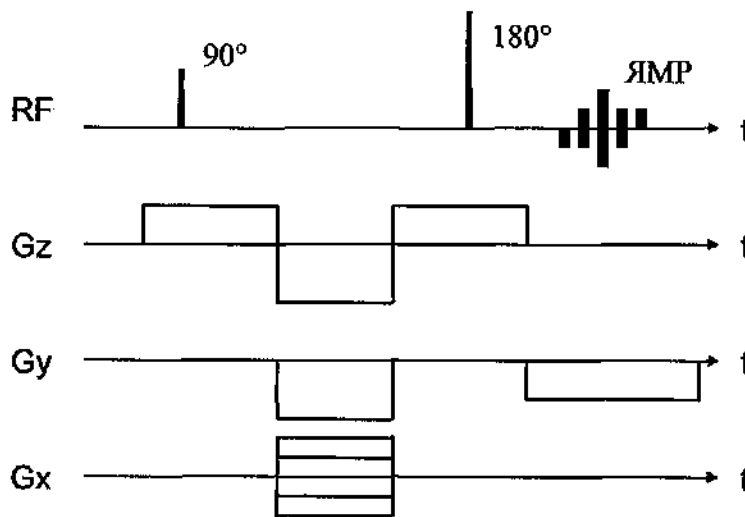


Рис.В.3

Как видно из рис. В.3 на практике используются более сложные импульсные последовательности, в которых наряду с 90° РЧ-импульсом подается 180° РЧ-импульс, позволяющий удвоить интервал сбора данных и парировать нежелательные эффекты, связанные с неоднородностью основного магнитного поля.

Собираемый в данной последовательности ЯМР сигнал называется *спиновым эхом*, а сама последовательность - *спин-эхо*. В этой последовательности сначала подается 90° РЧ-импульс в присутствии градиента по оси Z - тем самым возбуждается слой объекта, перпендикулярный оси Z . Затем прикладывается частотно-кодирующий (читающий) градиент по оси Y и фазокодирующий градиент по оси X . После 180° РЧ-импульса в присутствии читающего градиента снимается сигнал спинового эха, несущий информацию о суммарном сигнале от всех точек возбужденной плоскости. По прошествии некоторого времени, называемого временем повторения (Time Repetition - TR) последовательность импульсов повторяется с другим значением фазокодирующего градиента и так далее. Число шагов фазокодирования в данном случае соответствует количеству строк матрицы изображений. Оцифрованная информация по каждой строке сканирования

запоминается в памяти вычислителя и после последней строки по собранным данным реконструируется изображение.

Время между подачей 90° РЧ-импульса и центром эхо-сигнала называется временем эха (Time Echo - TE). В ЯМР-томографии наряду с изображениями протонной плотности широко используется техника получения так называемых T1 и T2-взвешенных изображений, которые несут информацию о контрасте связанном с различием времен релаксации у различных тканей. Так, например, для получения изображения с контрастом по T1, необходимо задать малое время TR, так чтобы намагниченность у одних тканей успела восстановиться, а у других еще нет. Первые будут выглядеть на изображении значительно светлее. Для получения изображений с контрастом по T2 необходимо наоборот задать большое время повторения TR и большое время TE. В этом случае сигнал от тканей, имеющих малое время спин-спиновой релаксации успеет затухнуть и будет выглядеть темным, а сигнал от тканей с большим временем релаксации T2 будет продолжать излучаться и тем самым давать светлые участки на изображении.

В приведенной выше последовательности длительность градиентных и РЧ-импульсов может составлять от единиц до десятков миллисекунд, а время повторения от 0.5 до 4 секунд, что определяет общее время получения изображения.

На фиг В.4 приведена типичная блок - схема системы, реализующей импульсную последовательность.



Рис. В.4

Система содержит вычислитель, формирующий временную диаграмму последовательности, форму огибающих РЧ-импульсов и импульсов градиентов. Сформированные таким образом цифровые массивы поступают на соответствующие цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), три из которых служат для выработки аналоговых сигналов на входы усилителей градиентов, а четвертый - для формирования аналогового сигнала на вход модулятора передающего тракта радиочастотной системы. На второй вход модулятора поступает высокочастотный сигнал резонансной частоты от синтезатора частоты.

Промодулированный сигнал с выхода модулятора поступает на вход передатчика, усиливающего мощность РЧ-импульса до сотен ватт, и далее - в передающую катушку для создания высокочастотного электромагнитного поля в исследуемом образце. Огибающая модулированного сигнала обычно имеет вид функции *SINC*:

$$SINC = \sin x/x.$$

Эта функция имеет спектр, близкий к прямоугольному. Таким образом, выходной сигнал модулятора содержит полосу частот $\omega \pm 2\omega$, центрированную частотой ω , равной частоте резонанса. Это дает возможность в присутствии градиента слоя выделять слой объекта заданной толщины.

Усилители градиентов создают токовые импульсы, которые поступая в градиентные обмотки возбуждают магнитные поля, изменяющиеся в соответствии с заданными в последовательности длин и амплитудами градиентов.

Приемный тракт системы включает приемную катушку, настроенную на частоту резонанса и малошумящий предусилитель. Зарегистрированный и предварительно усиленный ЯМР-сигнал поступает на вход демодулятора, предназначенного для преобразования высокочастотного сигнала в низкочастотный с целью его последующей оцифровки. При этом вся информация заложена в достаточно узком спектре частот, ширина которого определяется отклонением частот в крайних точках исследуемой центральной резонансной частоты. Далее низкочастотный сигнал усредняется, отфильтровывается от шумов, расположенных вне информационного спектра с помощью фильтров низкой частоты и поступает на вход аналогово-цифрового преобразователя (АЦП). С выхода АЦП сигнал в виде цифрового кода поступает в вычислитель и накапливается в памяти, а после окончания сканирования по этой информации производится реконструкция изображений.