**1 **

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

*Работа посвящена методам интроскопии непрозрачных для видимого света объектов при помощи ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Чтобы наблюдать это явление , объект помещают в постоянное магнитное поле и подвергают действию радиочастотных и градиентных магнитных полей. В катушке индуктивности , окружающей исследуемый объект , возникает переменная электродвижущая сила (ЭДС) , амплитудно-частотный спектр которой и переходные во времени характеристики несут информацию о пространственной плотности резонирующих атомных ядер , а также о других параметрах , специфических только для ядерного магнитного резонанса . После обработки на ЭВМ эта информация переходит в ЯМР-изображение , которое характеризует плотность химически эквивалентных ядер , времена релаксации ядерного магнитного резонанса , распределение скоростей потока жидкости , диффузию молекул и биохимические процессы обмена веществ в живых тканях.*

*Контраст ЯМР-изображений можно увеличить , вводя в организм различные парамагнитные вещества . Методы ЯМР-интроскопии позволяют следить за процессами поступления в организм и удаления из него атомных ядер , например фтора-19 , которые в нормальных условиях либо отсутствуют в организме , либо содержатся в ничтожных концентрациях . Благодаря указанным свойствам ЯМР-интроскопия стала самым мощным и многогранным методом диагностики в медицине , вытеснив на второй план реконструктивную рентгеновскую томографию , а также акустоскопию .*

*ЯМР-интроскопия развивается стремительными темпами . Этому , в частности , способствует то , что данный метод диагностики безвреден для здоровья человека . В отличие от рентгеновских методов диагностики ЯМР-интроскопия дает возможность получать как отдельные ЯМР-изображения, так и кинокадры , содержащие большое число ЯМР-изображений. Было зафиксировано несколько случаев , когда злокачественная опухоль в мозгу человека своевременно обнаруживалась при помощи ЯМР-интроскопии , в то время как рентгеновские методы диагностики выявляли эту болезнь на более поздней стадии , и лечение становилось невозможным . Есть все основания предполагать , что методом ЯМР-интроскопии будет решена проблема ранней диагностики рака , а также многих других болезней человека .*

**РАДИОЧАСТОТНЫЕ КАТУШКИ**

*Радиочастотные (РЧ) катушки ЯМР-спектрометров и ЯМР-интроскопов предназначены для подвода РЧ-поля к образцу и для съема РЧ- отклика системы спинов. Эти функции разделены в скрещенных РЧ- катушках , которые перпендикулярны друг к другу. Обе указанные функции может выполнять одна РЧ- катушка , если в передающей приемной системе имеется дуплексер или эквивалентная развязывающая цепь. В ЯМР- интроскопах используют как соленоидальные , так и седловидные РЧ- катушки. Амплитуда РЧ- поля в однородном соленоиде*

***В1=300(W QνсVc)1/2 ,***

*где В1 выражено в мкТл , РЧ - мощность W в Вт , объём РЧ - катушки Vc в см3. Постоянная времени нарастания напряжения в таком соленоиде*

***tH=2Q / πνo ,***

**2**

*где Q - добротность РЧ - катушки. Одиночная РЧ - катушка создает самую большую амплитуду В1 РЧ - поля в образце заданного объема Vc.*

*Отношение сигнала к шуму S/N в цепи настроенной РЧ - катушки изменяется как корень квадратный из Q , и поэтому целесообразно иметь более высокое Q. Однако время , затрачиваемое на разделение двух соседних циклов облучения , пропорционально добротности. Поэтому в ЯМР- интроскопах , в которых используют импульсные методы формирования ЯМР - изображений , добротность ограничена.*

*Чтобы получить однородное РЧ - поле по объему образца , были построены седловидные РЧ- катушки взамен однородных соленоидальных. Вариации амплитуды магнитного поля по объему образца минимальны , если h/D=1.6554 , c=120.76, (рис 1) , и магнитное поле перпендикулярно оси цилиндра. В оптимальной конфигурации седловидной РЧ- катушки производные от центрального поля второго порядка по координате обращаются в нуль для любого направления. Заметим , что седловидную геометрию с противоположными направлениями электрических токов используют также в градиентных катушках магнитного поля.*

*Однако оптимальные значения h/D и будут другими. Оптимизацию геометрии в этом случае определяет некоторая комбинация производных от центрального магнитного поля по координате третьего порядка.*

*Для расширения области однородного РЧ- поля в соленоидальной катушке вводят переменный шаг между витками. Анализ показал, что радиальная неоднородность сравнима с аксиальной неоднородностью или меньше ее, и обе указанные неоднородности улучшаются, если оптимально уменьшать шаг намотки к краям соленоида. Геометрия такого соленоида фиксируется при помощи четырех гребенок, изготовленных из нитрида бора. Таким образом, было получено двукратное увеличение однородности РЧ- поля на частоте vo= 270 MГц.*

*Сравнительный анализ соленоидальной и седловидной РЧ- катушек для ЯМР- интроскопов, в которых используют импульсные методы формирования ЯМР- изображений, показывает, что отношение сигнала к шуму в соленоидальной РЧ- катушке примерно в 3 раза, а добротность Q примерно в 2 раза больше, чем в седловидной РЧ- катушке на частотах 20 МГц. Причина этого в том, что магнитная энергия в седловидной РЧ- катушке концентрируется вблизи проводников и не проходит через образец, который находится в центре РЧ- катушки.*

*В импульсных ЯМР- интроскопах образец возбуждается импульсами РЧ- поля с пиковой мощностью порядка 102—103 Вт при среднем квадратическом напряжении 100 В. Между тем мощность регистрируемого сигнала равна всего 10 - 6 Вт. Чтобы подавить остаточные осцилляции тока на 180 В в скрещенных РЧ- катушках, требуется время восстановления около 14 td, где td постоянная времени спада резонансной цепи, равная 2Q/wo, а в случае одной РЧ- катушки это время возрастает до 21td. Блокирование полезной информации в течение времени восстановления приводит к амплитудным и фазовым искажениям в регистрируемом сигнале ССИ.*

*Передающе- приемная РЧ- катушка ЯМР- интроскопа для объектов большого размера показана на рисунке 2. Это седловидная катушка Гельмгольца, содержащая всего два витка медной полоски, намотанных на цилиндр диаметром 30 см. специальные соленоидальные РЧ- катушки для головы человека были созданы в Абердине. Статическое магнитное поле абердинского ЯМР- интроскопа ориентировано вертикально, а магнитное РЧ- поле горизонтально вдоль оси ложа, на котором лежит пациент(рис.3). Два соленоида с шагом обмотки 1.1 см и диаметром 27.6 см имеют участок*

**3**

*длиной 5.5 см, свободный от витков. Вариации амплитуды РЧ- поля в описанной конструкции сдвоенного соленоида составляют около 9 на длине 14 см, что в 4.4 раза меньше вариации в однородном соленоиде тех же размеров. Чтобы не допустить расстройки РЧ- катушки после помещения пациента, между головой пациента и РЧ- катушкой помещался экран Фарадея, который одновременно уменьшал диэлектрические потери в теле пациента. Экран состоял из 90 медных проводников диаметром 1.8 мм, равномерно уложенных параллельно оси РЧ- катушки. Чтобы центральная трансаксиальная плоскость была эквипотенциальной под нулевым потенциалом, РЧ- катушка для головы человека работала в электрически сбалансированном режиме. Поэтому не было необходимости заземлять проводники экрана Фарадея, и каждый проводник мог быть электрически изолирован. Резонансная частота РЧ- катушки равна 1.7 МГц, добротность Q0 = 460 без пациента и Q0 = 330 с пациентом. Из этих значений следует, что индуктивные потери составляют 1/3 полных потерь в процессе формирования ЯМР- изображений головы человека.*

*Чтобы уменьшить размер РЧ- катушки и тем самым увеличить отношение сигнала к шуму, была разработана РЧ- катушка в форме скрещенных элипсов рис.4. Обмотка состояла из двух витков медной проволоки, намотанных на цилиндрический каркас либо последовательно, либо параллельно. РЧ- поле в ней могло быть направлено как параллельно оси цилиндрического каркаса, так и перпендикулярно. Если генератор РЧ- поля подсоединен к клеммам ab, то возбуждается поперечное В1(a,b) поле, а если к генератору подсоединены клеммы cd, то возбуждается продольное В1(c,d) поле. РЧ- катушка с параллельной обмоткой характеризуется тем, что РЧ- напряжение, приложенное к клеммам ab, практически не создает напряжения на клеммах cd, и наоборот. Поэтому РЧ- мощность можно передавать через одну пару клемм. Возможна также схема, в которой переключатель- дуплексор соединен с каждой парой клемм, так что можно одновременно регистрировать ЯМР- сигналы от двух различных ядер, гиромагнитные отношения которых не сильно отличаются друг от друга, например, ядра 1Н и 19F. Известно, что в этом случае статическое магнитное поле должно быть ориентировано вдоль оси х (рис.4) перпендикулярно векторам В1,АВ и В1,CD одновременно.*

*Конструкция РЧ- катушек, используемых в методе ЯМР- интроскопии с градиентом РЧ- поля по объему образца, показана на рисунке 5. Передающая РЧ- катушка, которая формирует градиент РЧ- поля, состоит из четырех витков в верхней части и одного витка в нижней части. приемная РЧ-катушка выполнена в форме соленоида. Основной недостаток такой конструкции РЧ- катушек в том, что для образцов, длина которых соизмерима с длиной передающей РЧ- катушки, возникают артефакты на ЯМР- изображениях. Причиной возникновения этих атерфактов в том, что фазы сигналов, идущих от различных частей образца, различаются.*

**СЪЕМ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ**

*Отсчитывание аналоговых ЯМР- сигналов ведут на регулярной последовательности дискретных моментов времени, идущих с тактовым периодом, который удовлетворяет классической теореме отсчетов. Перед каждым очередным отсчитыванием производят интегрирование ЯМР- сигнала практически в течение всего тактового периода. Накопленный сигнал сбрасывают перед началом очередного цикла накопления. Тактовая частота может достигать 107 Гц, а диапазон измеряемых частот около 10 кГц. Проинтегрированные сигналы обрабатывались в аналогово- цифро*

**4**

*вом преобразователе, которые принимают вид набора двоичных знаков от 5 до 14 разрядов. Чтобы зафиксировать цепочку цифр, используют быстрое устройство накопления цифровой информаци.*

*Компьютер процессор в ЯМР- интроскопии используют для выполнения дискретного преобразования Фурье большого массива данных, а также для выполнения других математических операций, которые возникают в процессе получения ЯМР- изображений. Только в ЯМР- интроскопах прямого сканирования либо при использовании топического метода искомые данные получают при помощи простой перетасовки данных в заданном формате. Наибольший объём вычислений выполняют при использовании проекционно- реконструктивного метода ЯМР- интроскопии. Большой объём промежуточных данных хранят в больших системах памяти и возвращают обратно в память после проведения соответствующих вычислительных операций.*

*ЯМР- изображения, поступившие из ЯМР- интроскопа, могут быть подвергнуты апостериорной обработке в целях повышения контраста и качества изображения, а также для распознавания образов, корреляционного и других методов диагностики. Подробный анализ методов цифровой обработки ЯМР- изображений выходит за рамки данной работы.*

**СИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ДАННЫХ**

*ЯМР- изображения в своем первичном виде отображаются на экране катодно- лучевой трубки или растрового дисплея, управляемого компьютером. Изображение на экране катодно- лучевой трубки формируют модуляцией во времени интенсивности электронного пучка. Чтобы повысить число различных градаций, используют метод модуляции времени экспозиции. На вход такого устройства исходные данные поступают в форме слов из 4 бит в эквивалентный интервал времени экспозиции . С этой целью табличные данные вводят в запоминающее устройство только для считывания (ROM). Организация последнего имеет вид 16 слов × 8 бит, так что любое значение дискретного сигнала в форме слова из 4 бит в случае 16 градаций яркости адресует одно слово из 8 бит в указанной таблице. Затем слова из 8 бит загружают в восьмиразрядный счетчик импульсов, который управляется тактовыми импульсами таким образом, что время необходимое для сброса показателей счетчика импульсов до нуля, пропорционально логарифму значения дискретного сигнала в соответствии с законом Вебера Фехнера для зрения. В таком устройстве тактовая частота равна 10 МГц , ширина полосы частот дисплея 5 МГц . Формирование ЯМР- изображения на дисплее с растром 128×128 элементов занимает около 1/4 с. Цифровой- аналоговый конвентор имеет десятиразрядные слова. Чтобы отображать на дисплее данные, интенсивность которых превышает заданное значение, используют параллельно программируемый ROM.*

*Псевдоцветное ЯМР- изображение найдет широкое применение в клинике, так как оно облегчает установку точного диагноза и уменьшает напряжение, с которым должен работать оператор. Псевдоцветное изображение формируют на цветном телевизионном мониторе. Особый интерес для медицины имеет система одновременного отображения спиновой плотности f (x) и времен спин- решеточной релаксации Т1 (х). Вариации Т1 передаются в цветовой шкале, а спиновая плотность f - в шкале интенсивности. Интерфейс дисплея синхронизирует управляющие сигналы и постоянно в режиме быстрого обновления изображения конвентирует цифровые значения интенсивности ЯМР- изображения в видеосигнал.*

**5**

*Фотографические копии ЯМР- изображения можно получить либо непосредственно с экрана цветного монитора, либо при помощи фотосканера, управляемого компьютером. На фотобумаге получают как черно- белые, так и цветные копии ЯМР- изображений. Устройство содержит традиционный графопостроитель, соединенный через интерфейс с миникомпьютером. Цветная копия ЯМР- изображения создается при помощи трех источников света различного спектрального состава, при этом свет доходит до фотографической бумаги размером 20 × 20 см через волоконно- оптический кабель. Время получения монохромной копии ЯМР- изображения составляет 3 минуты , а цветного 12 минут . Имеется возможность уменьшить это время в 3 раза .*

**ПРИМЕНЕНИЕ ЯМР - ИНТРОСКОПИИ В МЕДИЦИНЕ**

*При сопоставлении различных методов получения ЯМР- изображений обычно указывают три характеристических параметра*

1. *Отношение сигнала к шуму .*
2. *Время получения ЯМР- изображения .*
3. *Пространственное разрешение .*

*Отношение сигнала к шуму равно отношению ЭДС , индуцированной в приемной РЧ- катушке , к средней квадратической амплитуде тепловых шумов Un :*

***S / N = ξ / Un ,***

*где*

***Un = (4kTcRΔν)1/2 ;***

*Tc − абсолютная температура катушки ; R электрическое сопротивление ; Δν ширина полосы частот всей приемной системы . Так как ЯМР- сигналы регистрируют фазово- чувствительным детектором, то в формулу для отношения S / N входит отношение амплитуд сигналов , а не энергий . ЭДС равна*

***ξ ≅ (В1)ху М ω0 Vs ≈ ω0 B0(B1)xyVs ≈ ω02 Vs(B1)xy***

*при νо ≥ 5 МГц* *. В РЧ- катушке соленоидального вида поле В1 для единичного тока равно*

***В10 = ×  n >> 1 ,***

*где а - радиус катушки ; 2b - ее высота ; μ0 - восприимчивость свободного пространства ; n - число витков в катушке. С учетом скин - эффекта электрическое сопротивление катушки *

***R 3/2\* η \* (ρ a n2) / (2δ g) ≅ n >> 1,***

**6**

*где ρ - сопротивление катушки ; η ≈ 3 - 6 - фактор близости ; δ - толщина скин-слоя. В области частот ν0 ≤ 1МГц отношение сигнала к шуму измеряется как степень 7/4 от лармовой частоты . При высоких частотах , когда основные потери РЧ- мощности происходят в образце , это соотношение переходит в линейное . Для объектов больших размеров , например для тела человека , необходимо учесть скин- эффект и электрическое сопротивление тканей , которое равно ≈ 1Ω , а толщина скин- слоя составляет 80 мм при ν0 = 40 МГц . Из-за ослабления РЧ- поля угол нутации θ становится функцией глубины z :*

***θ*** *π / 2* ***= B10 tp exp(- z/δ ).***

*Разброс угла нутации по глубине компенсируют , выбирая для каждой глубины z соответствующую амплитуду РЧ- поля.*

*Моделирующие расчеты эффектов ослабления и сдвига по фазе электромагнитного поля в различных тканях человека показывают , что в ЯМР- интроскопах , предназначенных для получения ЯМР- изображений человека , частота Лармона не должна быть более 10 МГц .*

*Тело человека , помещенное в РЧ- катушку ЯМР- интроскопа , можно рассматривать как электрическое сопротивление с Z = 1.87 Ω , которое включено последовательно с электрическим сопротивлением соленоидальной РЧ- катушки , имеющей R = =1.56 Ω . При этом полное эффективное сопротивление равно R’ = R + Z = 3.43 Ω . Амплитуда шума Un возрастает в  =  раза . Именно во столько раз (и не больше!) возрастает отношение сигнала к шуму , если охладить РЧ- катушку до сверхпроводящего состояния . Приведенная выше оценка отношения сигнала к шуму верна для прямого метода сканирования , и во всех интегральных и многопланарных методах получения ЯМР- изображений отношение сигнала к шуму в эквивалентных условиях значительно выше . Указанный фактор позволяет снизить требуемое время получения ЯМР- изображения вплоть до 1с.*

*Важное преимущество методов интроскопии при помощи ядерного магнитного резонанса в том , что здесь нет ионизирующего излучения . Этот факт стал решающим стимулом быстрого распространения ЯМР- интроскопов в клиниках . В процессе съема данных о ЯМР- изображении тело человека подвергается действию трех агентов : статического магнитного поля , переключаемых или осцилирующих градиентных магнитных полей , а также импульсных радиочастотных полей . Статическое магнитное поле может вызвать генетические или биохимические эффекты , а также эффекты на клеточном уровне . Вплоть до индукции магнитного поля 2 Тл указанных эффектов не наблюдалось . Статическое магнитное поле может изменять скорость распространения импульсов электрического поля по нервам . Согласно теоретическим оценкам , изменение указанного фактора на 10% должно наступить в полях с индукцией 24 Тл и более . В экспериментах , проведенных в магнитном поле 2 Тл в течение 4ч никаких изменений в скорости проводимости нервов обнаружено не было . Искомое явление маскирует эффект изменения температуры тела . Повышение температуры тела на 0.1° С приводило к вариациям рассматриваемого фактора на 2 - 4 %.*

*В сильных магнитных полях наблюдают аномалии в электрокардиограмме сердца . При движении крови в магнитном поле возникает дополнительная ЭДС . Наблюдаемый эффект , который растет линейно с индукцией магнитного поля вплоть до 2 Тл и исчезает сразу же после выключения статического магнитного поля , используют для изучения потока крови в сердце . При этом не возникают ни аритмия , ни изменения в*

**7**

*частоте сокращения сердца , ни изменения в давлении крови и не происходит никаких химических изменений .*

*Исследование поведения бактерий и генетические исследования лимфоцитов крови человека при помощи методики , очень чувствительной к слабым примесям токсических веществ и к ультрафиолетовому облучению , не позволили обнаружить какие- либо вредные эффекты вплоть до индукции магнитного поля ≈ 1 Тл.*

*Переключаемые и осцилирующие градиентные магнитные поля могут создать недопустимо высокие значения внутренней ЭДС . При скорости переключения 3 Тл/с возникают электрические токи с плотностью около 3 мкА/см2 , которые могут вызвать нетепловые биологические эффекты . Количественный анализ показал , что для градиентной катушки диаметром 20 см допустимое значение скорости переключения магнитного поля равно dB/dt = 1 Тл/с . Это значение лежит ниже порога возбуждения нервов (≈ 3\*103 мкА/см2), порога свертывания крови в сердце (102 - 103 мкА/см2), порога наблюдения вспышек света в глазах человека под действием электродов на голове человека (≈ 17 мкА/см2), а также порога эффекта магнитных фосфенов (≈ 5 мкА/см2). Специальные эксперименты показали , что патологические изменения в крови отсутствуют при скорости переключения магнитного поля ≈ 500 Тл/с . Было замечено , что порог указанных эффектов зависит также от формы функции , описывающей вариации магнитного поля во времени . Синусоидальные сигналы не создают практического вреда в интервале частот 30 - 65 Гц и только асимметричные формы сигналов дают заметные изменения этих факторов на пациентах .*

*Радиочастотное поле ЯМР- интроскопа создает нагрев тканей . Установленный верхний порог равен 4 Вт/кг при времени воздействия менее 10 мин. и 1.5 Вт/кг при длительном облучении. Основной обогрев происходит на поверхности тела . Тело теряет тепло за счет излучения и прямого охлаждения . При низкой влажности воздуха и мощности облучения 4 Вт/кг в течение 10 мин. температура тела повышается на 0.7° С .*

*Тепло , выделяемое в тканях человека во время сеанса облучения РЧ- полем , измеряют по добротности системы с пациентом и без пациента .*

*Наблюдения за поведением отдельных клеток , поиск генетических повреждений и аберраций в хромосомах показали , что комплекс факторов , характерных для ЯМР- интроскопии , не создает вредных эффектов .*

*ЯМР- изображения несут важную информацию о химии физиологических процессов , о структуре и динамике тканей на молекулярном уровне и как следствие этого дают принципиально новые возможности для медицинской диагностики . Это свойство и безвредность ЯМР- интроскопии стали решающим стимулом быстрого внедрения ЯМР- интроскопии в медицинские клиники . Современные ЯМР- интроскопы дают пространственное разрешение 1× 1× 4 мм при времени получения изображения около 100 с, позволяют одновременно получать локализованные спектры химических сдвигов ядер 31Р и 13С в естественной концентрации . Одновременно или с небольшим разрывом во времени можно получить как анатомическую информацию , так и данные об обмене веществ в тканях (метоболизме) . Время получения спектра 31Р равно 10 и 16 мин. для спектра 13С . Положение и относительные интенсивности пиков в спектре 31Р указывают на отклонения от нормы в тканях под действием ишемии , злокачественной опухоли , нарушения обмена и демонстрируют результаты терапии . Спектры 13С содержат информацию об уровне триглицерида и гликогена . На ЯМР- изображениях можно отобразить:*

1. *Время спин- решеточной релаксации Т1 ;*

**8**

*2.Время спин- спиновой релаксации Т2 ;*

*3.Коэффициент диффузии молекул ;*

*Особенно ценную информацию несут ЯМР- изображения сосудистой системы , спинового мозга , головного мозга , легких и средостения . Все случаи злокачественных опухолей , обнаруживаемых при помощи реконструктивной рентгеновской томографии , идентифицируются на ЯМР- изображениях ядра водорода . Накоплен большой опыт клинического исследования головного мозга человека при помощи ЯМР- интроскопии . Всего было обследовано 140 пациентов с широким спектром неврологических заболеваний . Преимущество ЯМР- изображений в том , что на них серое вещество мозга отображается с высоким контрастом , который недоступен для рентгеновской реконструктивной томографии . Отсутствуют артефакты , создаваемые костными тканями в рентгеновской реконструктивной томографии , отображаются параметры о потоке жидкостей.*

*Большой набор параметров на ЯМР- изображениях позволяет с высокой достоверностью обнаружить такие патологические процессы , как эдема , инфекции , злокачественные опухоли и перерождения ткани . Особенно высокую чувствительность к мозговой эдеме дают сигналы спинового эха . Главный недостаток ЯМР- интроскопии в том , что на ЯМР- изображениях нет информации о структуре костей . Для этой цели необходимо использовать реконструктивную рентгеновскую томографию .*

*ЯМР- интроскопия дает уникальную возможность своевременно обнаружить образование миелита в развивающемся плоде и при оценке мозговых нагноений у детей.*

*Результаты первого опыта использования ЯМР- интроскопии в педиатрии являются обнадеживающим . При помощи планарного метода получения ЯМР- изображений с регистрацией эхо- сигнала за малые доли секунды получают изображения легких , сердца , и средостение без артефактов движения . Иначе говоря , съем данных ведут в реальном масштабе времени . Время получения изображения с разрешением 6 мм и толщиной 8 мм равно 35 мс . Сигналом - монитором является электрокардиограмма . За 4.5 минуты получают 512 ЯМР- изображений − 32 среза с 16 кинокадрами на каждый срез . Таким образом , регистрируемые данные имеют четырехмерную структуру . С помощью ядерного магнитного резонанса получены результаты обследования детей в возрасте от 3 до 14 месяцев и сняты изображения левого желудочного сердца . Методы ангиографии были в этих случаях бессильны .*

*Описаны случаи , когда злокачественные опухоли в головном мозге на раннем этапе развития были обнаружены только на ЯМР- изображениях и были едва заметны на рентгеновских томограммах .Эти и другие исследования убедительно свидетельствуют о том , что в нейрологической диагностике наступает новая эра .*

*В других работах было показано экспериментально , что анатомическая информация и данные о метаболизме в головном мозгу человека могут быть получены на одной установке . Вопреки общепринятым представлениям , был построен ЯМР- интроскоп для головного мозга человека на очень высокой резонансной частоте 63.9 МГц при индукции магнитного поля 1.5 Тл и щелевом резонаторе РЧ- поля . Было достигнуто повышение отношения сигнала к шуму в 11 раз по сравнению с системой , работающей в магнитном поле с индукцией 0.12 Тл . Локализованные ЯМР- спектры высокого разрешения 31Р , 13С и 1Н были получены при помощи поверхностной катушки . Таким образом , метод получения совместных данных об анатомии и о биохимии тканей в мозгу человека становится традиционным .*

**9**

***ЗАКЛЮЧЕНИЕ***

*История науки учит нас , что каждое новое физическое явление или новый метод проходит трудный путь , начинающийся в момент открытия данного явления и проходящий через несколько фаз . Сначала почти никому не приходит мысль о возможности , даже весьма отдаленной , применения этого явления в повседневной жизни , в науке или технике . Затем наступает фаза развития , во время которой данные экспериментов убеждают всех в большой практической значимости данного явления. Наконец , следует фаза стремительного взлета . Новые инструменты входят в моду , становятся высокопродуктивными , приносят большую прибыль и превращаются в решающий фактор научно- технического прогресса . Приборы , основанные на когда-то давно открытом явлении , заполняют физику , химию , промышленность и медицину.*

*Наиболее ярким примером изложенной выше несколько упрощенной схемы эволюции служит явление магнитного резонанса , открытое Е. К. Завойским в 1944 г. в форме парамагнитного резонанса и независимо открытого Блохом и Парселлом в 1946 г. в виде резонансного явления магнитных моментов атомных ядер . Сложная эволюция ЯМР часто толкала скептиков к пессимистическим заключениям . Говорили, что “ ЯМР мертв “ , что “ ЯМР себя полностью исчерпал “ . Однако вопреки и наперекор этим заклинаниям ЯМР продолжал идти вперед и постоянно доказывал свою жизнеспособность . Много раз эта область науки оборачивалась к нам новой , часто совсем неожиданной стороной и давала жизнь новому направлению . Последние революционизирующие изобретения в области ЯМР , включая удивительные методы получения ЯМР- изображений , убедительно свидетельствуют о том , что границы возможного в ЯМР действительно безграничны . Замечательные преимущества ЯМР- интроскопии , которые будут высоко оценены человечеством и которые сейчас являются мощным стимулом стремительного развития ЯМР- интроскопии и широкого применения в медицине , заключаются в очень малой вредности для здоровья человека , свойственной этому новому методу.*

******

***МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО***

***ОБРАЗОВАНИЯ***

***РФ***

***ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ***

***КАФЕДРА РТ и РС***

***РЕФЕРАТ***

***НА ТЕМУ :***

***“***  *ДИАГНОСТИКА С ПОМОЩЬЮ*

*ЯДЕРНОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА “*

***ВЫПОЛНИЛ :***

***СТ - Т ГР. МИД - 194***

***ШАБАНОВ Р. В.***

***ПРИНЯЛ:***

***СОХНО О. Н.***

***ВЛАДИМИР , 1997***

**СОДЕРЖАНИЕ**

***Предисловие........................................................................................................1***

***Радиочастотные катушки............................................................................1***

***Съем и обработка данных..............................................................................3***

***Системы отображения данных...................................................................4***

***Применение ЯМР- интроскопии в медицине............................................5***

***Заключение..........................................................................................................9***

**10**

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

*1****. Сороко Л. М****. Интроскопия на основе ядеоного магнитного резонанса - М: Энергоатомиздат ,1986*

*2.* ***Абрагам А****. Ядерный магнетизм : пер. с англ. / Под ред. Г. В. Скроцкого. - М. : Изд- во ионостр. лит., 1963. - 551с.*

*3.* ***Феррар Т. , Беккер Э.*** *Импульсная и фурье - спектроскопия ЯМР : пер. с англ. / Под ред. Э. И. Федина . - М. : Мир , 1973. - 164с.*