

вокруг объектов как живого так и неживого происхождения. Метод успешно применяется в фундаментальных и прикладных исследованиях энергетического состояния различных объектов: воды, жидкостей, твердых веществ, и других материалов.

Изучение явления обнаруженного Я.О. Наркевичем-Йодко сейчас вылилось в самостоятельное научное направление, имеющее большое значение для экспериментальной медицины, психофизиологии и психологии. Прибор ГРВ Камера занесен в Реестр медицинской техники в России и Беларуси и используется для скрининговой оценки психофизиологического состояния и функциональной активности человека.

Литература

1. Decrespe M. La vie et les oeuvres de m. Narkiewicz-Jodko. -Paris, 1896.
2. Киселёв В.Н. Наднеманский целитель. Рукопись. Минск, август 2002 г.
3. Грибковский В.П., Гапонко О.А., Киселев В.Н. //Весті АН БССР. Сер. фіз.-мат. навук.— 1985— N 5— С. 117—122.
4. Грыбкоўскі В. П., Гапоненка В. А., Кісялеў У. М. Прафесар алектраграфіі і магнетызму.— Мінск, 1988.
5. Улащик В. С. Великие имена в истории физиотерапии. Я. О. Наркевич-Йодко — белорусский естествоиспытатель, физиотерапевт. //Здравоохранение— 1998— N 11— С. 53-55, «Здравоохранение» 1999г.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМИТАТОРОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

М.А. Квартальный, О.П. Высоцкий, М.В. Давыдов, А.Н. Осипов, Г. Сагай Маруф

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, БГУИР, каф. ЭТТ, 220013, Минск, Беларусь, тел. +375 17 2938540
E-mail: davydov-mv@bsuir.by*

A method for modeling magnetotherapeutic impact produced by common configurations of transcranial magnetic stimulating coils is simulated in a multilayer biological tissue model. The contributions of biological tissue's electric characteristics on the propagation of the induced currents and magnetic field configuration is modeled.

Множество научных и лечебных лабораторий и институтов всего мира занимаются проблемами воздействия магнитных полей на организм человека, но многие вопросы механизма действия магнитных полей остаются неразрешенными. Это обуславливает актуальность разработки материалов, способных имитировать биологические ткани человека для изучения эффектов воздействия магнитных полей на человеческий организм.

Существует широкий круг медицинских приборов и устройств, методов диагностики и лечения, способов борьбы с различными медицинскими проблемами, в которых магнитные явления и свойства магнитных материалов с успехом используются и оправданы.

К наиболее вероятным физико-химическим эффектам воздействия магнитного поля на биологический объект можно отнести: ориентационную перестройку обладающих собственным магнитным моментом химически свободных молекул - радикалов, жидкокристаллических макромолекулярных структур, металлопротеидов.

Импульсные магнитные поля существенно отличаются от постоянных, поскольку, в соответствии с уравнениями Максвелла, изменяющееся во времени магнитное поле индуцирует электрическое поле, которое оказывает выраженное влияние на биологические процессы.

Взаимодействие электромагнитного излучения с биологическими тканями на макроуровне определяется их диэлектрической проницаемостью и проводимостью,

характеризующими присутствие связанных зарядов и свободных зарядов. Так как человеческое тело в большой доли состоит из диамагнитной воды, предполагается, что при воздействии магнитного поля химическая структура воды не меняется, но могут происходить изменения клатратных структур воды, сопровождающиеся изменениями проницаемости мембран, изменение структуры и силы сцепления ряда химических соединений [1].

Однако на сегодняшний день отсутствует информация о возможных долгосрочных последствиях воздействия на здоровье людей статических магнитных полей. Это делает актуальной разработку и исследование многофункциональных материалов, одновременно имитирующих характеристики биологических тканей, в частности с целью проведения биологических экспериментов с электромагнитным излучением без участия человека.

Для имитации свойств биологических тканей используют капиллярнопористые волокнистые матрицы со средним размером пор порядка десятков микрон. В качестве заполняющих жидкостей служат водные растворы солей металлов. Капиллярно-пористая матрица имеет упорядоченную структуру пор, а удержание жидкости в ее объеме происходит за счет капиллярных сил и высоких гигроскопических свойств компонентов раствора. В результате в составе микропористой структуры матрицы содержится большое количество объемов связанной воды, разделенной диэлектрическими прослойками, что имитирует клеточную структуру тканей организма. Состав раствора, степень заполнения пространства пор в матрицах, и структура пор обуславливают электрические параметры разрабатываемых материалов.

Для оценки импедансных свойств композиционных влагосодержащих структур применяют метод передаточных функций: проводят сравнительный анализ логарифмических амплитудно-фазовых частотных характеристик композиционных влагосодержащих структур с аналогичными характеристиками биологических тканей.

На основе анализа полученных результатов измерения удельной проводимости образцов и литературных данных по электрическим свойствам биологических тканей человеческого тела разработаны образцы, наиболее соответствующие тканям тела человека. В таблице приведены значения электрических свойств тканей тела человека, а также экспериментально полученные сопротивления и рассчитанные удельные проводимости образцов [1].

Таблица 1 – Биологические ткани и соответствующие им образцы имитаторов

Биологическая ткань	Расчётное значение σ , См/м	Материал образца	Импеданс, кОм	Экспериментальное значение σ , См/м
Серое вещество мозга	0,09	Целлюлоза H ₂ O	12 477	0,08
Белое вещество мозга	0,06	Целлюлоза с плесенью	19 700	0,05
Лимфа	0,52	Трикотаж с порошком гидрогеля	899	0,55
Кожа влажная	0,001	Гидрогель с 19 % - ным влагосодержанием	700 000	0,001

Для предварительной оценки предполагаемого воздействия магнитных полей и построения прогноза о его результате применяются методы компьютерного моделирования.

Моделирование биологических систем является сложным процессом, требующим анализа большого количества параметров и характеристических величин, определяющих состав и назначение создаваемых объектов. При создании компьютерной модели такой сложной биологической системы, как организм человека, необходимо учитывать биомеханические, биофизические, электрогидродинамические и другие особенности состава и функционирования органов человека [2].

Современное программное обеспечение позволяет создавать практически любые сложные системы, однако организмы людей представляют собой индивидуальные неповторимые системы похожие только внешне и общими принципами их функционирования.

Процесс моделирования можно условно разделить на следующие основные этапы:

1. Создание объемной модели;
2. Формализация, т.е. придание модели свойств, отражающих сущность исследуемого объекта;
3. Разработка алгоритма действий, которые позволят решить поставленную задачу;
4. Планирование и выполнение вычислений на ЭВМ [1].

На рисунке 1 приведен внешний вид геометрической модели имитатора биологической ткани созданной в программе SolidWorks.

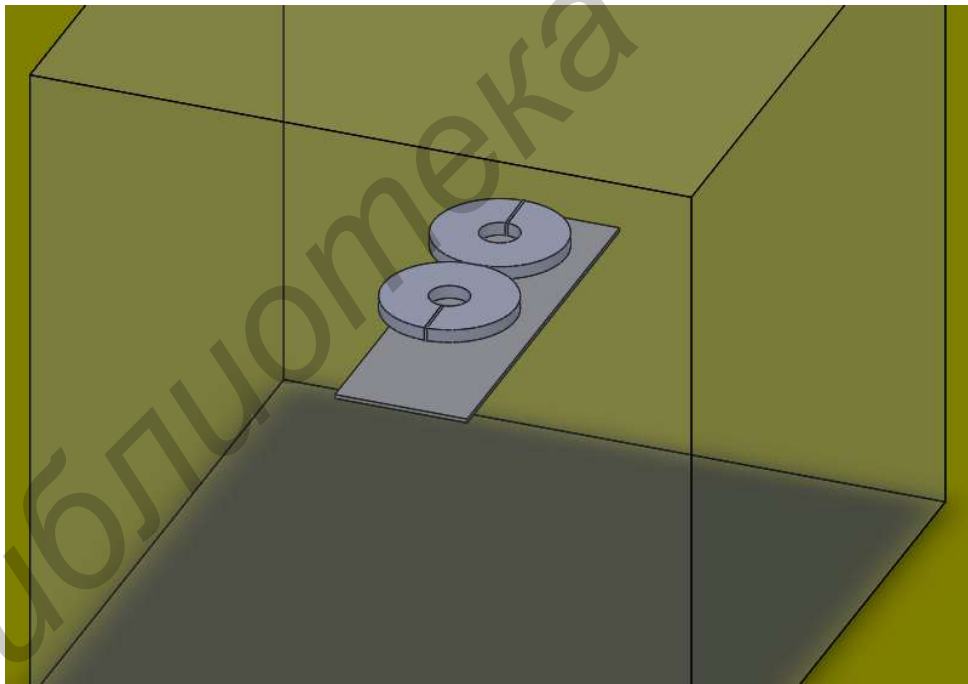


Рисунок 1 – Внешний вид геометрической модели имитатора биологической ткани с расположенным над ней индуктором

На следующем этапе исследования построенная геометрическая модель импортируется в интерактивную среду Comsol Multiphysics для моделирования электрических и магнитных полей заданных характеристик путем конечно элементного расчета.

Метод конечных элементов является одним из численных приближенных методов расчета систем, имеющих сложную геометрическую конфигурацию и нерегулярную

физическую структуру. Если состояние системы описывается некоторой функцией, и эта функция является единственным решением математической задачи, сформулированной на основе физических законов, решение состоит в отыскании из бесконечного множества функций такой, которая удовлетворяет уравнениям задачи. Рассматривается семейство функций, определяемых конечным числом параметров. Как правило, среди таких функций нет точного решения задачи. Однако соответствующим подбором параметров можно попытаться приближенно удовлетворить уравнениям задачи и тем самым построить ее приближенное решение [4].

Результатом моделирования будет являться картина распределения электрических и магнитных полей в объеме данной модели.

Литература

1. Аль-Адеми Я.Т.А., Давыдов М.В., Насонова Н.В., Прудник А.М., Пулко Т.А., Борботько Т.В., Лыньков Л.М. Водосодержащие имитаторы биологических тканей для защиты человека от электромагнитных излучений. Минск, 2014.
2. Паничев В. В., Соловьев Н. А. Компьютерное моделирование: учебное пособие – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. С. 6–20.
3. Давыдов М.В. Моделирование магнитотерапевтического воздействия на ткани мозга человека / А.Н. Осипов, О.В. Кистень, В.В. Евстигнеев и др. / Доклады БГУИР. Минск. №3(65). – 2012. С. 85–90.
4. Зинкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ОЗДОРОВЛЕНИИ И САНАТОРНО-КУРОРТНОМ ЛЕЧЕНИИ

Н.В. Мазур¹, Л.А. Пирогова¹, А.М. Купрашевич², В.А. Куратчик²

¹*Гродненский государственный медицинский университет, кафедра медицинской реабилитации, 230029, г. Гродно, ул. Коммунальная, 2, E-mail: pirogovalar@rambler.ru, тел. +375-152-745488*

²*ОАО “Санаторий “Озёрный”, РБ, Гродненская обл., Гродненский р-н, пос. Озёрный*

Санаторий «Озерный» расположен в западной части Гродненской области на территории Государственного ландшафтного заказника «Озеры», созданного с целью сохранения в естественном состоянии ценных экологических систем и уникальных природно-ландшафтных комплексов с участием дикорастущих растений и диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь. Площадь территории санатория – 16 гектаров, коечная мощность – 394 места. Географические координаты: 53.75° с.ш., 24.21° в.д.

Санаторий расположен на берегу озера Белое (площадь зеркала чистой воды 5,3 км², объем воды 16,96 млн. м³). Длина озера 10,3 км, ширина максимальная 1,1 км, средняя – 0,51 км. Глубина максимальная 6,9 м, средняя – 3,2 м. Длина береговой линии 27,1 км. Площадь водосбора 267 км², включающее в себя также ряд взаимосвязанных озер: Зацково, Антозеро, Став, Беляшка, Дервинское. Водная система озер граничит с заповедной зоной сосновых и лиственных лесов, раскинувшихся на десятки километров на север и северо-восток. Среди них встречаются участки особо ценных типов лесов (дубравы, кленовики и грабняки) с комплексом редких видов растений (лилия кудреватая, многоножка обыкновенная, плаун-баранец, дремлик темно-красный и др.), 200-летние дубы и корабельные или мачтовые сосны.

При оздоровлении отдыхающего широко используются следующие климатические факторы: дасотерапия (лесная терапия); талассотерапия (озеро, бассейн, аквапарк);