

ГЛАВА 12. СОБСТВЕННЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Вокруг любого тела существуют различные физические поля, определяемые процессами, происходящими внутри его. Не составляет в этом смысле исключения и человек. Физические поля, которые генерирует организм в процессе функционирования, называют собственными физическими полями организма человека.

Многочисленные физические методы исследования организма человека, использующие регистрацию собственных физических полей человека, позволяют получить информацию о процессах в организме, которую нельзя получить иными способами. Электрокардиография – типичный тому пример.

В последние годы интерес к этим полям был стимулирован феноменом «экстрасенсов» – людей, которые могли проявлять способности к диагностике скрытых заболеваний больных и их лечению, не прикасаясь к ним, то есть обладая как бы сверхчувствительностью по отношению к процессам в глубине тела человека. В соответствии с обычной логикой познания, в режиме «диагностики» получить какую-либо информацию из глубины человеческого тела можно только вследствие следующей цепочки событий: 1) имеются какие-то отличия параметров больного органа от здорового; 2) существует способ передачи информации об этих отличиях из глубины на поверхность тела; 3) есть какой-то способ передачи информации за пределы тела к «экстрасенсу». В режиме «лечения», кроме того, следует ожидать, что от «экстрасенса» исходят какое-то излучение либо какие-то возмущения окружающей среды, которые доходят до пациента, воспринимаются им и оказывают то самое воздействие, которое нужно.

Ключевая проблема с точки зрения физики – это передача информации за пределы организма. Наиболее общеупотребительна гипотеза о существовании неких неизвестных науке биополей, с помощью которых, ввиду полной неопределенности этого термина, можно объяснить что угодно и как угодно. В то же время научный путь познания состоит в том, что сначала анализируются все существующие рациональные гипотезы, и только лишь если они не подтверждаются, необходимо изобретать что-то новое. В этом смысле естественной альтернативой биополям являются физические поля биообъектов.

Проблема систематического исследования физических полей биообъектов была поставлена в Институте радиотехники и электроники РАН Ю.В. Гуляевым и Э.Э.Годиком.

Ниже будут изложены следующие вопросы: виды физических полей биообъектов, их источники, способы регистрации, получение медико-биологической информации на их основе.

§ 50. Виды физических полей тела человека. Их источники

Вокруг человека существуют электромагнитные и акустические поля (гравитационное поле и элементарные частицы остаются за пределами нашего рассмотрения).

Можно выделить основные 4 диапазона электромагнитного излучения и 3 диапазона акустического излучения, в которых ныне ведутся исследования (рис. 12.1).



Рис. 12.1. Схема электромагнитных (справа) и акустических (слева) собственных полей человека. Электромагнитные поля: Е – электрическое поле, В – магнитное, СВЧ – сверхвысокочастотные электромагнитные волны дециметрового диапазона, ИК – электромагнитные волны инфракрасного диапазона, видимое – оптический диапазон излучений. Акустические поля: НЧ – низкочастотные колебания, КАЭ – кохлеарная акустическая эмиссия, УЗ – ультразвуковое излучение. Цифры – характерные частоты излучений (в герцах). Заштрихованы области тепловых излучений. Справа и слева указаны названия датчиков и приборов для регистрации соответствующих полей. СКВИД – сверхпроводящий квантовый интерферометр, ФЭУ – фотоАЭЛектрический умножитель.

Электромагнитные поля. Диапазон собственного электромагнитного излучения ограничен со стороны коротких волн оптическим излучением, более коротковолновое излучение – включая рентгеновское и γ -кванты – не зарегистрировано. Со стороны длинных волн диапазон можно ограничить радиоволнами длиной около 60 см. В порядке возрастания частоты четыре диапазона электромагнитного поля, представленные на рис. 12.1, включают в себя:

- 1) низкочастотное электрическое (E) и магнитное (B) поле (частоты ниже 10^3 Гц);
- 2) радиоволны сверхвысоких частот (СВЧ) (частоты 10^9 – 10^{10} Гц и длина волны вне тела 3–60 см);
- 3) инфракрасное (ИК) излучение (частота 10^{14} Гц, длина волны 3–10 мкм);
- 4) оптическое излучение (частота 10^{15} Гц, длина волны порядка 0,5 мкм).

Такой выбор диапазонов обусловлен не техническими возможностями современной электроники, а особенностями биологических объектов и оценками информативности различных диапазонов для медицины. Характерные параметры различных электромагнитных полей, создаваемых телом человека, приведены в табл. 12.1.

Источники электромагнитных полей разные в различных диапазонах частот. Низкочастотные поля создаются главным образом при протекании физиологических процессов, сопровождающихся электрической активностью органов: кишечником (~1 мин), сердцем (характерное время процессов порядка 1 с), мозгом (~0,1 с), нервными волокнами (~10 мс). Спектр частот, соответствующих этим процессам, ограничен сверху значениями, не превосходящими ~1 кГц.

В СВЧ и ИК-диапазонах источником физических полей является тепловое электромагнитное излучение.

Чтобы оценить интенсивность электромагнитного излучения на разных длинах волн, тело человека, как излучатель, можно с достаточной точностью моделировать абсолютно черным телом, которое, как известно, поглощает все падающее на него излучение и поэтому обладает максимальной излучающей способностью.

Излучательная способность тела $\epsilon_{\lambda,T}$ – количество энергии, испускаемой единицей поверхности тела в единицу времени в единичном интервале длин волн по всем направлениям – зависит от длины волны λ и абсолютной температуры тела T .

Эта функция имеет максимум на длине волны $\lambda_m \approx hc / (5kT)$, что при температуре человеческого тела $T \approx 310$ К составляет

Таблица 12.1. Характеристики электромагнитных полей, создаваемых телом человека

	Электрическое	Магнитное	Электромагнитное излучение СВЧ диапазона	Инфракрасное ИК	Видимое
Частота, Гц		$0 - 10^3$		10^9	10^{14}
Длина волны	—	—	3 – 60 см	3 – 14 мкм	500 нм
Датчики	электроды	СКВИД	антенны-аппликаторы	тепловизоры	ФЭУ
Способ регистрации	контактный и бесконтактн.	бесконтактный	контактный	дистанционный	дистанционный
Источники полей	биопотенциалы	биотоки	тепловое излучение		хемилиuminесценция

около 10 мкм. Поэтому ИК-излучение тела человека измеряют тепловизорами в диапазоне 3–10 мкм, где оно максимально.

Из рис. 12.2 следует, что в СВЧ-диапазоне, в котором длина волны в 10^4 раз больше, плотность энергии теплового излучения на много порядков меньше.

Измерение теплового излучения позволяет определить температуру тела человека из-за того, что спектральная зависимость теплового излучения меняется с ростом температуры. На рис. 12.2 приведены кривые для двух температур черного тела: 290 К (кривая 1) и 310 К (кривая 2). Столь большую разность температур мы выбрали, чтобы ярче выделить различия между кривыми. Видно, что рост температуры всего на 20 К вызывает увеличение интенсивности излучения в 1,5 раза (в ИК-диапазоне) – в других диапазонах он заметно меньше.

Акустические поля. Диапазон собственного акустического излучения ограничен со стороны длинных волн механическими колебаниями поверхности тела человека (0,01 Гц), со стороны коротких волн ультразвуковым излучением, в частности, от тела человека регистрировали сигналы с частотой порядка 10 МГц.

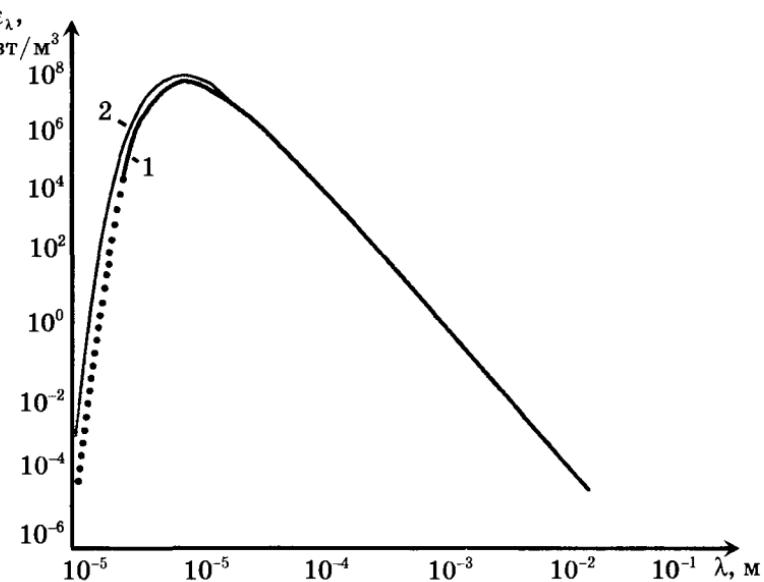


Рис. 12.2. Спектральная плотность излучательной способности ε_λ теплового электромагнитного излучения абсолютно черного тела как функция длины волны λ . Выбраны логарифмические шкалы по обеим осям, поскольку величины $\varepsilon_{\lambda,T}$ и λ изменяются на много порядков. Небольшие видимые отличия кривых 1 и 2 на самом деле соответствуют большим изменениям $\varepsilon_{\lambda,T}$ (в несколько раз)

В порядке возрастания частоты (цифры на рис. 12.1.) три диапазона акустического поля включают в себя: 1). низкочастотные колебания (частоты ниже 10^3 Гц); 2). кохлеарную акустическую эмиссию (КАЭ) – излучение из уха человека ($v \sim 10^3$ Гц); 3). ультразвуковое излучение ($v \sim 1-10$ МГц).

Источники акустических полей в различных диапазонах частот имеют разную природу. Низкочастотное излучение создается физиологическими процессами: дыхательными движениями, биением сердца, током крови в кровеносных сосудах и некоторыми другими процессами, сопровождающимися колебаниями поверхности человеческого тела в диапазоне приблизительно $0,01 - 10^3$ Гц. Это излучение в виде колебаний поверхности можно зарегистрировать контактными, либо бесконтактными методами, однако его практически невозможно измерить дистанционно с помощью микрофонов. Это связано с тем, что идущие из глубины тела акустические волны практически полностью отражаются обратно от границы раздела

«воздух–тело человека» и не выходят наружу в воздух из тела человека. Коэффициент отражения звуковых волн близок к единице из-за того, что плотность тканей тела человека близка к плотности воды, которая на три порядка выше плотности воздуха.

У всех наземных позвоночных существует, однако, специальный орган, в котором осуществляется хорошее акустическое согласование между воздухом и жидкой средой, – это ухо. Среднее и внутреннее ухо обеспечивают передачу почти без потерь звуковых волн из воздуха к рецепторным клеткам внутреннего уха. Соответственно, в принципе, возможен и обратный процесс – передача из уха в окружающую среду – и он обнаружен экспериментально с помощью микрофона, вставленного в ушной канал.

Источником акустического изучения мегагерцевого диапазона является тепловое акустическое излучение – полный аналог соответствующего электромагнитного излучения. Оно возникает вследствие хаотического теплового движения атомов и молекул человеческого тела. Интенсивность этих акустических волн, как и электромагнитных, определяется абсолютной температурой тела.

Рассмотрим каждый вид физических полей, создаваемых телом человека, по отдельности.

§ 51. Низкочастотные электрические и магнитные поля

Электрическое поле человека существует на поверхности тела и снаружи, вне его.

Электрическое поле вне тела человека обусловлено главным образом трибозарядами, то есть зарядами, возникающими на поверхности тела вследствие трения об одежду или о какой-либо диэлектрический предмет, при этом на теле создается электрический потенциал порядка нескольких вольт. Электрическое поле непрерывно меняется во времени: во-первых, происходит нейтрализация трибозарядов – они стекают с высокоомной поверхности кожи с характерными временами $\sim 100 - 1000$ с; во-вторых, изменения геометрии тела вследствие дыхательных движений, биения сердца и т.п. приводят к модуляции постоянного электрического поля вне тела.

Еще одним источником электрического поля вне тела человека является электрическое поле сердца. Приблизив два электрода к поверхности тела, можно бесконтактно и дистанционно зарегистрировать такую же кардиограмму, что и традиционным