

РЕЗОНАНСНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С БИОСИСТЕМАМИ. Ч. I. ВИДЫ РЕЗОНАНСОВ И ИХ ФИЗИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

А.А. ЯШИН

Тульский государственный университет, пр-т Ленина, 92, Тула, 300012, Россия

Аннотация. После всплеска интереса к изучению взаимодействия электромагнитных полей с биообъектами в 90-х - начале 2000-х гг. в настоящее время, к сожалению, наблюдается очевидный регресс. Уже не «звучат голоса» соответствующих научных школ в России и на Украине, ранее лидирующих в мире в этой теоретической и прикладной (к медицине) дисциплин. А на прагматичном Западе, поскольку там КВЧ-терапия и магнитотерапия не приветствуется, и ранее серьезных исследований не делалось. Сейчас в России, если и ведутся работы по этой тематике, то почти исключительно прикладные: эксперименты по облучению электромагнитными полями лабораторных животных с перенесением полученных результатов в клинику. Абсолютно «слепой» метод, с ним высокоэффективную аппаратуру и процедуры реализовать невозможно. Для этого совершенно необходимо знать хотя бы азы теории взаимодействия электромагнитных полей с биообъектами. В настоящем цикле из трех статей дается таковое обоснование, которое с несомненным интересом и для пользы дела прочтут как разработчики полевой биофизической аппаратуры, так и специалисты, планирующие терапевтическую методологию. В настоящей статье рассмотрены виды резонансов – как базиса во взаимодействии электромагнитных полей с биообъектами. Показано, что собственно резонансные эффекты и обеспечивают терапевтический результат в клинической практике.

Ключевые слова: резонанс, биосистема, электромагнитное поле, магнитное поле, шумовой спектр, хиральность.

RESONANCE EFFECTS IN THE INTERACTION OF THE ELECTROMAGNETIC FIELDS WITH THE BIOSYSTEMS. PART I. TYPES OF RESONANCES AND THEIR PHYSICO-BIOLOGICAL MODELS

A.A. YASHIN

Tula State University, Lenin Av., 92, Tula, 300012, Russia

Abstract. After a surge of interest in the study of the interaction of electromagnetic fields with bioobjects in the 90s and the beginning of 2000, unfortunately, at present there is obvious regress. The "voices" of the corresponding scientific schools in Russia and in Ukraine, previously leading the world in this theoretical and applied (to medicine) disciplines, no longer sound. And in the pragmatic West, where EHF-therapy and magnetotherapy is not welcomed, and earlier serious studies have not been conducted. Now in Russia, if there are studies on this topic, then almost all of them are exclusively applied: experiments on irradiating laboratory animals by electromagnetic fields and transferring the results to the clinic. Absolutely a "blind" method, it is impossible to implement high-performance equipment and procedures with it. For this, it is absolutely necessary to know at least the basics of the theory of the interaction of electromagnetic fields with bioobjects. In the present scientific cycle consisting of three articles, the author gives such a justification, which, with undoubted interest and for the benefit of the matter, will be read both by the developers of the field biophysical apparatus, and by specialists planning therapeutic methodology. This article considers the types of resonances - as a basis in the interaction of electromagnetic fields with bioobjects. It is shown that the actual resonant effects provide a therapeutic result in clinical practice.

Key words: resonance, biosystem, electromagnetic field, magnetic field, noise spectrum, chirality.

Частотный биорезонанс является наиболее естественным в радиофизическом смысле. Существующие концепции, объясняющие механизм частотного резонанса воздействующего внешнего *электромагнитного излучения крайне высокой частоты* (ЭМИ КВЧ) с собственным *электромагнитным полем* (ЭМП) клеток организма, недостаточно убедительны. Поэтому нами в рамках теоретических исследований Тульской научной школы биофизики полей и излучений и биоинформатики предложен корреляционный подход к объяснению механизма активации собственных полей клеток, объясняющий моделирующий частотный и двойной частотный биорезонансы на клеточном уровне.

При подходе к исследованию механизма активации мы исходим прежде всего из информационной основы биофизикохимических процессов жизнедеятельности и всеобщего биокрибернетического подхода к организации сложных (самоорганизующихся, нелинейных, синергетических и пр.) систем.

Как видно из изложенного выше, основные противоречия *системного* характера возникают в предпочтении тех или иных сочетаний процессов, определяемых ключевыми понятиями: биофизический процесс, биохимический процесс, свободная энергия метаболизма клетки, биоинформационный и/или биоэнергетический характер воздействия внешнего ЭМП, собственное ЭМП клетки, акустические колебания и пр.

Очевидно, что не имеет смысла спорить о первенстве (или доминанте) биохимического или биофизического процессов в создании собственного ЭМП клетки. Понятно, что свободная энергия, необходимая клетке в том числе и для генерации КВЧ ЭМП, вырабатывается при биологическом окислении в *митохондриях*. Важнейшую роль здесь играет *аденозинтрифосфат* (АТФ). А затем эта энергия передается в клетку химическим путем. Далее не важно, что считать базовым носителем этой энергии: электроны, как то считает классическая клеточная термодинамика [7], или протоны в представлении новых концепций биоэнергетики клетки [19]. Главное здесь то, что биохимические и биофизические процессы вообще неразрывно связаны в функционировании клетки, коль скоро речь идет о превращениях энергии.

Считается доказанным, что клеточные диполи генерируют именно КВЧ ЭМП, причем здесь значима роль *акустоэлектрических* процессов колебаний; в [20] приведена сводка расчетных результатов, где фигурируют и мощности клеточных полей, и частоты, попадающие в миллиметровую часть КВЧ-диапазона и пр. Но почему клетка генерирует именно в этом, «техническом», но совсем не характерном для живой природы диапазоне? Все живое на Земле своим возникновением, эволюцией, существованием и тенденциями развития обязано лучистой энергии Солнца; опосредованно – сюда же относятся и донные рыбы, и бактерии глубинных земных пластов. Живые же организмы, освещаемые солнечным светом весь день – тем более. Поэтому все биохимические и биофизические процессы такого организма синхронны, настроены на контроль по ЭМП спектра солнечных лучей, отфильтрованных атмосферой Земли, в котором практически отсутствует КВЧ-компонента. А если перенестись в те далекие биогеохимические эпохи (основная терминологическая единица в учении В. И. Вернадского), когда зародилась на Земле жизнь, формировалась клетка, почти неизменной доставшаяся нам, то сквозь перенасыщенный пар восстановленной атмосферы до поверхности доходили не все составляющие спектра видимого света. Таким образом, все клеточные и субклеточные структуры настроены на УФ-, отчасти – ИК-диапазоны, а их сродство к КВЧ ЭМП в контексте (к определяющим основные процессы жизнедеятельности) взаимодействия с внешними ЭМП является логически неувязанным.

Опять же в существующих концепциях недостаточно ясно увязана «полевая» специфика клетки со сложностью состава окислительной дегидрогеназы (свыше 200 ферментов) и двойственностью самого окислительного процесса в митохондриях: ферментативного и неферментативного свободнорадикального. И практически не исследована роль матриксов – жидкой «матричной» среды существования клеточных структур и субструктур: от межклеточной среды до внутримитохондриального матрикса.

Сказанное выше, с учетом теоретически адекватных и экспериментально подтвержденных факторов, позволяет построить гипотетическую *корреляционную модель* активации собственных ЭМП клеток организма, суть которой сводится к следующему.

Естественным «биологическим полем» живого организма является ЭМП диапазонов от ИК до УФ, а, возможно, и более коротковолновое. В данном случае мы отвлекаемся от механизма его генерации; возможные варианты последней проанализированы в [10]; может быть, – согласно гипотезе Г. Н. Петраковича [19] – это поле изначально связано с цитохромными процессами «колебания» электронов в системе четырех связанных между собою атомов железа: $Fe^{2+} \xleftrightarrow{\bar{e}} Fe^{3+}$.

Главное, что колебания $S_1(t)$ генерируются (рис. 1), а само их наличие необходимо для реализации биокрибернетического принципа обратной связи организма со средой.

Вторым и тоже естественным полем организма являются поля, обусловленные физиологическими ритмами $S_3(t)$; это низкочастотные колебания от долей герца до сотен герц, физически реализуемые как акустоэлектрические колебания. И это все; другие жизненно важные для жизнедеятельности организма поля можно не привлекать.

Но здесь возникает, с точки зрения радиофизической, весьма существенный вопрос: в пределах организма, как (повторимся) системы биокрибернетической и биофизической одновременно, все поля должны быть связаны; в данном случае эта *корреляционная* связь единственно представляется как модуляция (в модели – амплитудная, но в действительности носящая очень сложный, комбинированный характер). Однако непосредственная *модуляция* $MOD_{31}(S_3/S_1)$ вряд ли возможна, ибо слишком иерархически удалены друг от друга соответствующие биоструктуры – среды генерации и распределения ЭМП: колебания $S_1(t)$ существуют в микроструктурах клеток, на уровне, например, ферропротеидов, а средой

распространения акустоэлектрических колебаний S_3 является, преимущественно, структура (решетка) межклеточной среды.

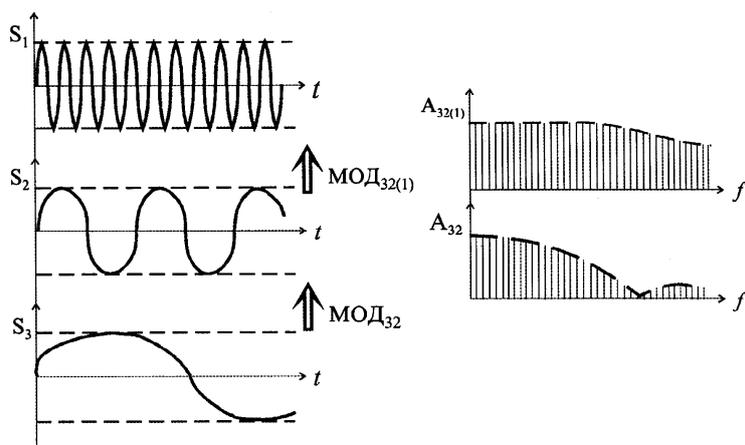


Рис. 1. К принципу работы корреляционной модели в активации собственных ЭМП клеток

Поэтому (и только для этого, но не для отклика на воздействие внешних, природных ЭМП) в организме существуют колебания $S_2(t)$ – скорее всего как колебания заряженных клеточных мембран, часть спектра которых, скорее всего – длинноволновая, совпадает с КВЧ-диапазоном. То есть их назначение в естественном биофизическом процессе – *корреляционно-связующее, медианно-модулирующее*. Соответственно, двойная модуляция $\text{МОД}_{32}(S_3/S_2) \rightarrow \text{МОД}_{32(1)}(S_3/S_2/S_1)$ приводит к расширению спектра итогового сигнала $A_{32(1)}(f)$.

В общих чертах пока можно утверждать, что непротиворечивость изложенной гипотезы соотносится с основными выводами из существующих концепций. Так, биоинформационная сущность активации или, что то же самое – низкоинтенсивная биоэнергетическая основа ее, проявляется, с одной стороны, в «попадании» в область некоторых характерных частот спектра $A_{32}(f)$ с несущей $S_2^i(t)$, с другой – наложением на квазишумовой спектр $A_{32(1)}(f)$ или $A_{32}(f)$. Явление двойного резонанса при воздействии внешним КВЧ-сигналом, модулированным низкочастотным сигналом, в концепции стохастического резонанса также является легко объяснимым. Цепная реакция биохимических процессов, инициируемая внешним ЭМП, приводящая к интенсификации выделения свободной энергии и пр., не противоречит основным доводам.

Однако основной вывод видится в констатации своего рода «служебной» роли клеточных ЭМП диапазонов, адекватных КВЧ-диапазону. Как то мы часто наблюдаем в нашем многогранном мире, природа, создавая свои творения, не всегда может предположить, что рукотворное детище созданного ею *homo sapiens* может вмешиваться в самоорганизующуюся систему организма. Отсюда, кстати, и все чаще поднимаемый вопрос о *ноосферной экологии*.

Таким образом, выше была изложена разработанная концепция – непротиворечивая модель частотного и двойного частотного (несущее ЭМИ + частота модуляции) биорезонанса. Для пояснения концепции отметим следующий момент.

При анализе взаимодействия внешнего ЭМП с организмом процесс не представляется прямым и идущим только в одном направлении по типу: внешнее поле воздействует на клетки, ускоряя или замедляя ее биохимические и биофизические процессы. Клетка вовсе не является пассивным «исполнителем» управляющего внешнего ЭМП, она активно взаимодействует с ним на полевом уровне. Таким образом, речь идет о *собственном ЭМП клетки*, наличие которого является установленным фактом. Концепция, которая во многом объясняет механизм воздействия КВЧ-излучения на живой организм с *биофизической* точки зрения, полагает основным фактором перенос энергии *электромагнитной волны* (ЭМВ) на клеточный биологический уровень посредством осцилляции зараженных клеточных мембран. Выше уже говорилось, что источником всех клеточных осцилляций является свободная энергия, вырабатываемая метаболическими процессами. Таким образом, клетку можно – в приближении описательной технической системы – рассматривать как микромощный «электромеханический генератор» [10].

С учетом того, что внешнее ЭМП взаимодействует не только с собственными полями клеток, но и поля клеток в их агрегации взаимодействуют друг с другом, то схема взаимодействия полей примет вид, показанный на рис. 2.

Более того, взаимодействие полей в этой схеме возможно только в случае, если генератор-клетка является резонансным к системе взаимодействующих ЭМП.

Согласно предложенной в [10] концепции, в нормальном состоянии клетки не генерируют когерентных сигналов. В то же время образование (выделение при процессах метаболизма) свободной энергии сопровождается генерацией клеткой ЭМП со спектральными характеристиками, близкими к шумовым (тепловым, флуктуационным).

Из радиофизики известно, что возникновение когерентных, то есть согласованных, колебаний на фоне шумовых флуктуаций и далее – переход к колебаниям резонансным возможны только при переходе шумовых колебаний через некоторый верхний порог. Достижение этого порога возможно увеличением отдачи энергии метаболизма, то есть нарушением нормальной работы клетки (клеток).

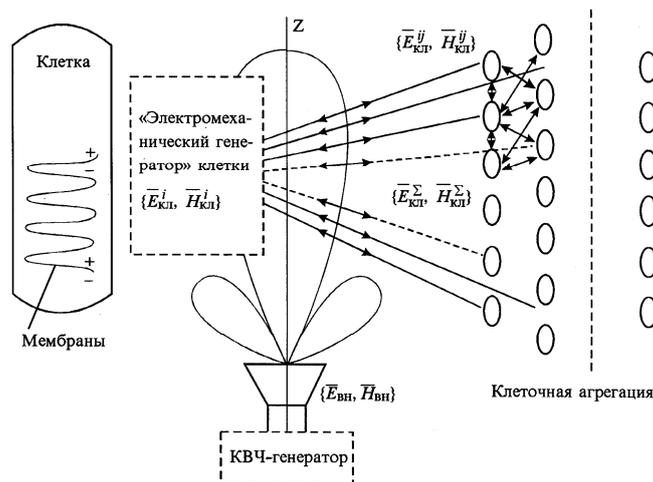


Рис. 2. Схема взаимодействия внешнего КВЧ ЭМП $\{\bar{E}_{вн}, \bar{H}_{вн}\}$ с собственными полями клеток $\{\bar{E}_{ккл}^i, \bar{H}_{ккл}^i\}$, межклеточными полями $\{\bar{E}_{ккл}^j, \bar{H}_{ккл}^j\}$ и суммарными ЭМП клеточных агрегаций $\{\bar{E}_{ккл}^{\Sigma}, \bar{H}_{ккл}^{\Sigma}\}$

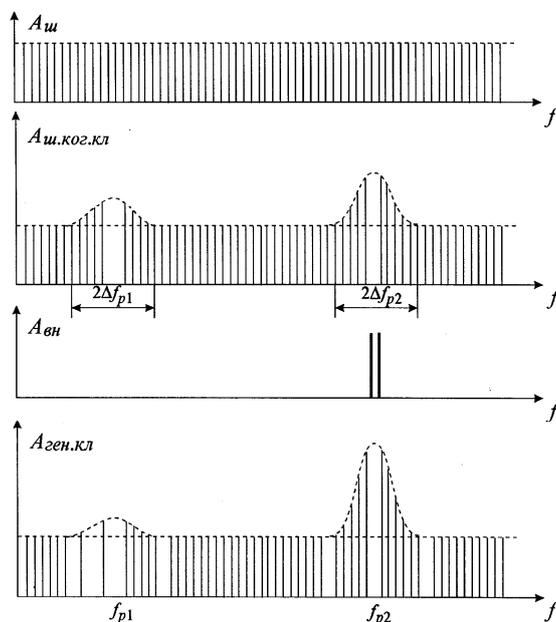


Рис. 3. К механизму перехода осцилляций клетки в режим генерации под воздействием внешнего ЭМП

Таким образом, появление колебаний в резонансных полосах на фоне шумового сигнала можно ассоциировать с радиофизическим самовозбуждением когерентных колебаний (в технике – регенеративный усилитель). Следует отметить, что появление условий для гене-

рации и излучения клеток в том или ином диапазоне (частоте) можно идентифицировать с частным характером нарушения нормальной работы клетки: отсюда и требование подбора «терапевтических» частот при КВЧ-терапии.

На фоне самовозбуждения когерентных колебаний в клетках изменяется и роль внешнего ЭМП, а именно: это воздействие переводит регенеративный режим колебаний и излучений клеток в генераторный, а при совпадении частоты $f_{\text{вн}}$ внешнего ЭМП с той или иной резонансной (или в узкой, конечной полосе частот) частотой клетки, условия (энергетические) для перехода к самовозбуждению становятся наиболее оптимальными. Сказанное поясняется на рис. 3, являющимся более полной иллюстрацией процесса, описанного выше.

Нормальное состояние клетки соответствует генерации бесконечного спектра шумового сигнала $A_{\text{ш}}(f)$. Появление патологии клетки вызывает появление когерентных колебаний на некоторых частотах (f_{p1} и f_{p2} на рис. 3) в относительно узких полосах ($2\Delta f_{p1}$ и $2\Delta f_{p2}$ соответственно). При воздействии (в данном случае монохроматического) внешнего ЭМП $A_{\text{вн}}(f)$, совпадающего по частоте, например, с f_{p2} , происходит переход осцилляций клетки в генераторный режим работы $A_{\text{ген.кл.}}(f)$.

Далее, следуя предложенной в [10] концепции, можно утверждать, что наложение внешнего когерентного ЭМП приводит к формированию резонансной системы клетки, включающей в себя мембрану и вновь образующиеся подструктуры. Именно такая сформировавшаяся в переходном колебательном процессе система и обеспечивает генерацию клеткой узкоспектральных когерентных колебаний в КВЧ-диапазоне. Так формируется собственное ЭМП клеток.

Аналогично радиофизическим системам, ширина спектра определяется добротностью Q системы; в данной биосистеме «резонансным контуром» является периметр мембраны. Этот контур характеризуется очень большой электрической длиной [10] и небольшими омическими потерями.

Таким образом, смысл биорезонансного воздействия внешнего КВЧ ЭМП заключается в резонансном усилении генерации клеткой на частоте «патологии» (f_{p2} – на рис. 3) собственных колебаний, подпитываемых первоначально внешним ЭМП, а далее формируется и включается собственная генерирующая система, которая: а) «затягивает» приток свободной энергии метаболизма на данный частотный спектр осцилляций клетки; б) инициирует генерацию колебаний в данном (узком) спектре у здоровых клеток локализованной агрегации. В результате возникает эффект обратной связи, включается механизм хемотаксиса, и направление биохимических процессов изменяется в сторону нормализации работы клетки. Однозначно следует, что воздействие внешнего ЭМП здесь нетепловой (биоинформационной) интенсивности.

Стохастический резонанс в шумовом спектре собственных электромагнитных полей биообъекта. Явление *стохастического резонанса* (СР), несмотря на сравнительно недавнее появление самого термина (*Benzi R. et al.*, 1981), хорошо известно в физике, особенно в описании индуцированных шумов переходов в нелинейных системах, возбуждаемых при одновременном воздействии на них информационного сигнала и шума. Применительно к воздействию ЭМИ КВЧ на живой организм явление СР рассмотрено в [8]. Еще раз подчеркнем, что СР реализуется исключительно в нелинейных системах, генерирующих собственный шум.

С этих позиций воздействие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на биосистему с собственным шумом – стохастическим интегральным ЭМП клеточных агрегатов – создает оптимальные условия для возникновения СР, учитывая выраженную нелинейность живого вещества в физическом плане, а также динамичность организующих его биофизикохимических процессов.

С управленческих, информационно-системных позиций специфика и понятный интерес к явлению СР заключается в его функции «упорядочения», то есть в нелинейных системах шум индуцирует новые и более упорядоченные режимы функционирования системы, что приводит к образованию более регулярных структур, увеличивает когерентность, усиление накладываемого на шум сигнала, увеличение отношения сигнал/шум ($S_c/S_{\text{ш}}$), словом – это позволяет определить СР как «индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка» [2]. При этом требования к характеристикам S_c и $S_{\text{ш}}$ весьма ослабленные: шум может быть белым, аддитивным и пр., однако сигнал S_c должен быть низкоинтенсивным; в противном случае мы имеем другой эффект, не связанный с квазипороговым воздействием S_c на $S_{\text{ш}}$.

На рис. 4 приведена схема возникновения СР в биосистеме при воздействии КВЧ-сигнала; рассматривается простейший вариант монохроматического облучения: $S_c = A_c \sin(\omega_r t)$, где $\omega_r = 2\pi f_r$ – частота ЭМИ КВЧ. Условие одинакового порядка амплитуд воздействующего сигнала (A_c) и шума ($A_{\text{ш}}$) отвечает оптимальности возникновения СР с эффектом «порогового срабатывания». Кстати, именно учет действия механизма СР наиболее аргументировано объясняет тот экспериментально доказанный факт (школа С. П. Ситько) [23], что КВЧ-терапия тем эффективнее, чем ближе уровень воздействующего ЭМИ КВЧ к мощности собственного клеточного ЭМП; имеется в виду мощность ЭМИ, приведенная к структурному уровню клетки.

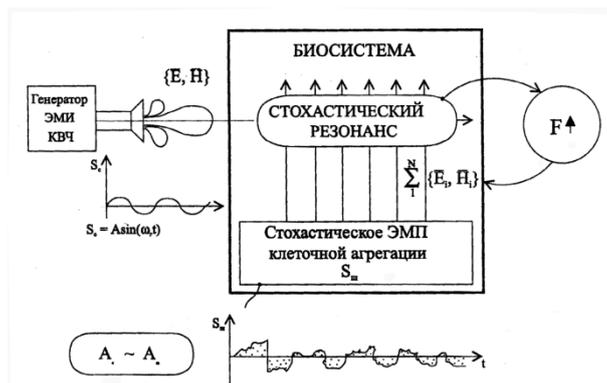


Рис. 4. Структурная схема возникновения стохастического резонанса в биосистеме

Сигнал S_c взаимодействует со стохастическим $\left(\sum_1^N \{\bar{E}_i, \bar{H}_i\}\right)$ ЭМП организма S_w , например, в виде аддитивного шума, в результате чего возникает СР, который интенсифицирует обменные процессы свободной энергии $F \uparrow$.

На рис. 5 проиллюстрировано превышение порогового уровня, наблюдаемое при СР. Здесь под величиной $S_{пор}$ понимается интенсивность суммарного поля $\Sigma(S_c, S_w)$, при превышении которой интенсифицируется обмен свободной энергии F , что приводит к включению биохимических и биофизических реакций, в итоге приводящих к «выздоровлению» клетки при ее начальной патологии. На рис. 5 для упрощения графики и наглядности шумовой сигнал условно показан в форме синусоидального. Превышение уровня $S_{пор}$ суммарным сигналом $\Sigma_s \equiv \Sigma(S_c, S_w)$ приводит к формированию сверхпорогового сигнала $S_{пр}^0$, интенсифицирующего обмен свободной энергии.

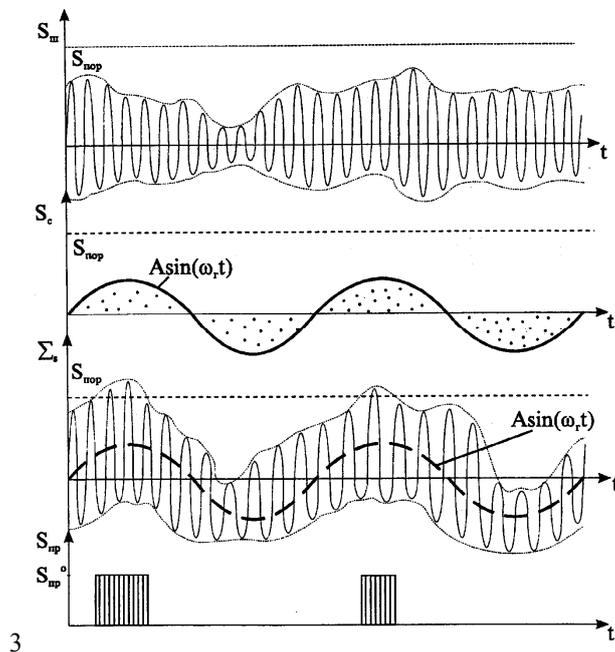


Рис. 5. К иллюстрации превышения порогового уровня при стохастическом резонансе

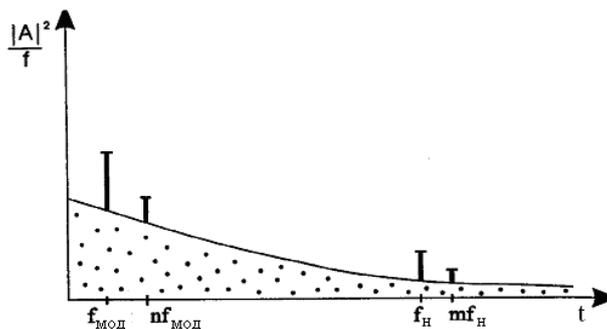


Рис. 6. Спектр мощности сигнала при стохастическом резонансе: эффект «двойного резонанса» в биосистемах

На рис. 6 приведен спектр мощности сигнала при СР. В случае воздействия монохроматического (немодулированного) ЭМИ КВЧ с частотой $f_H \equiv f_r$ происходит периодическая модуляция высоты барьера $S_{пор}$ (рис. 5) $\Delta S \approx S_{пор} + A \sin(\omega_H t)$ и вероятности перехода $S_{пор}$ [2]. Поэтому в спектре мощности выходного сигнала присутствует пик на частоте f_H и ее гармониках mf_H . Если же воздействуем на организм ЭМИ КВЧ с несущей частотой f_H , модулированной частотой $f_{мод}$, например, адекватной выделенному (в конкретной процедуре КВЧ-терапии) биоритму, то помимо пиков f_H ; mf_H в спектре мощности выходного сигнала присутствуют пики $f_{мод}$; $nf_{мод}$. Это дает объяснение эффекту «двойного резонанса», экспериментально зафиксированному в [8] при воздействии модулированного ЭМИ КВЧ на парамеции в ингибировании двигательной активности клеток. Там же показано на примерах облучения парамеций и нейтрофилов, что функциональный ответ облучаемых клеток принципиально различен при воздействиях немодулированным и модулированным ЭМИ КВЧ.

Если, исходя из этого утверждения, сравнить формы сверхпорогового сигнала при воздействии немодулированного (рис. 5; нижняя эпюра) и модулированного (рис. 7) ЭМИ КВЧ, то увидим, что в последнем случае огибающая надпороговые всплески $S_{пр}$ имеет период $T_{мод}$, соответствующий в качественном приближении частоте модулирующего сигнала, то есть частоте выбранного биоритма. Это и объясняет качественно иной эффект инициации обменных энергетических процессов в клетках при воздействии модулированного ЭМИ КВЧ.

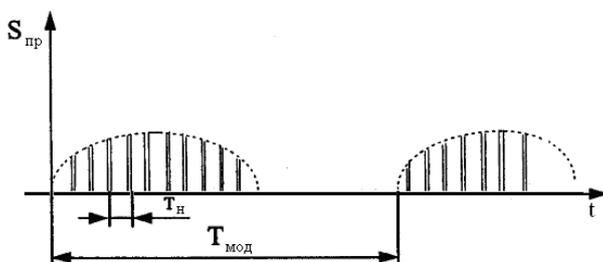


Рис. 7. Форма сверхпорогового сигнала в явлении стохастического резонанса при воздействии модулированным ЭМИ КВЧ

Энергетическая перекачка в шумовом спектре клеточных агрегаций. Теперь посмотрим на явление СР в биосистемах не с радиофизических, но с энергетических физических позиций, поскольку последние позволяют более корректно оценить особенности биосистемы, как обладающей выраженной нелинейностью, дисперсностью, динамизмом развития энергетических процессов, самоорганизацией синергетического типа.

Известно несколько подходов к физическому анализу СР как индуцированного шумом эффекта увеличения упорядоченности нелинейной системы. В наиболее полном на сегодняшний день обзоре по СР [2] выделены следующие основные подходы: а) теория линейного отклика системы; б) СР для сигналов сложного спектрального состава; в) нединамический СР в хаотических системах; г) синхронизация стохастических систем.

В теории линейного отклика исследуется простейшая модель СР как отклика на слабый сигнал – решается в определенном приближении уравнение Фоккера-Планка для двумерных плотностей вероятности, имеющее вид [2]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left\{ \left[x - x^3 + A \cos(\Omega t + \varphi) \right] p \right\} + D \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где рассматривается движение броуновской частицы в двухъямном потенциале $U_0(x) = -x^2/2 + x^4/4$ под действием белого шума $\xi(t)$ и интенсивности D и периодической силы $f(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$.

Решение (1) с помощью ряда приближений позволяет получить аналитические выражения для коэффициента усиления системы и отношения S_c/S_m . В отношении анализа биосистем данный подход ориентирован

на качественный (точнее, принципиальный) анализ эффекта СР для идеализированных процессов, иллюстрированных рис. 4-7.

Собственно отклик нелинейной стохастической системы $\langle x(t) \rangle$ на слабое внешнее воздействие $f(t)$ выражается интегральным соотношением [2]:

$$\langle x(t) \rangle = \langle x \rangle_{st} + \int_{-\infty}^{\infty} \chi(t-\tau, D) f(\tau) d\tau, \quad (2)$$

где $\langle x \rangle_{st}$ – среднее значение невозмущенной переменной состояния системы (при $f(t) = 0$). На основе (2) рассчитывается коэффициент усиления, спектральная плотность на выходе системы, отношение S_c/S_m .

Ближе к описанию реальных биосистем модель СР для сигналов сложного спектрального состава. Например, модулированный сигнал ЭМИ КВЧ уже является сложным по своему спектральному составу. К тому же следует помнить, что на «аппаратурный» сигнал ЭМИ КВЧ, учитывая его сверхнизкую мощность, равнодействующе накладываются другие сигналы – от промышленных помех до переизлучений поля на поверхности кожного покрова в точках акупунктуры и рефлексогенных зонах. Поэтому соответствующая модель линейного отклика биосистемы на квазигармонический сигнал с (флуктуационной) конечной шириной спектральной линии является более адекватной, нежели описываемая уравнениями (1), (2). Соответственно, спектральная плотность на выходе имеет вид [2]:

$$G_{xx}(\omega) \approx G_{xx}^0(\omega) + |\chi(\omega)|^2 G_{ff}(\omega), \quad (3)$$

где $G_{ff}(\omega)$ – спектр сигнала.

При анализе процессов, описываемых (3), рассматривается гармонический шум – двумерный процесс Орнштейна-Уленбека.

Еще одно существенное замечание: многие элементы биосистемы в своих режимах работы хотя и имеют гармоническую составляющую, но по существу являются аperiodическими, почему важен учет СР в аperiodическом режиме работы системы или ее элементов.

Однако наибольшее приближение к реальной биосистеме дает модель СР в хаотических системах с учетом синхронизации; с позиций математики здесь исследуются бифуркации аттракторов¹ в динамических системах. Данный подход уже давно используется в биомедицине для исследования и управления биоритмами [9]. Как показано в [2], воздействие внешнего квазিশумного, то есть реального, сигнала на биосистему приводит к возникновению случайных переходов (переключений) между сосуществующими аттракторами системы, для которых статистика определяется свойствами шума и динамической биосистемы.

Рассмотрение всех используемых моделей СР показывает, что сущность *физического механизма* этого явления имеет более глубокие связи с энергетикой, чем это кажется при радиофизическом подходе. Явление СР непременно условием предполагает нелинейность – в данном случае биосистемы. Нелинейность же изначально и неразрывно связана с синхронизацией внешних (возмущающих) воздействий, с одной стороны, а с другой – чувствительностью системы с шумом к слабому возмущающему сигналу по принципу «корреляционного приема». Заметим, что вопрос о синхронизации в эффекте СР в биосистемах практически не изучен, сложен и требует специального рассмотрения; особенно это относится к взаимодействующим полям в режиме «хаос+хаос».

С понятием синхронизации в СР связано и столь важное явление как эффект захвата частоты. Этот эффект хорошо знаком радиотехникам (генерация сигналов). С энергетических позиций захват частоты внешним облучением означает своего рода «энергетическую перекачку» в шумовом спектре клеточных агрегаций, что имеет наглядные аналогии в тепловых, механических и пр. системах.

Стохастический резонанс в режимах облучения биосистем «хаос+хаос». Как было сказано выше, наиболее реальные приближения к истинному процессу СР в биосистемах есть режим «хаос+хаос», то есть когда с шумовым ЭМП S_m клеточных агрегаций взаимодействует внешнее, то есть инициирующее ЭМИ КВЧ, которое отнюдь не является монохроматическим ЭМИ КВЧ, более того, не является и

¹ Аттрактор есть множество точек S , таких, что траектории почти всех точек в окрестности S стремятся к S при $t \rightarrow \infty$.

просто модулированным излучением. Ввиду его априорно заданной сверхнизкой интенсивности на этот сигнал накладывается иной, несанкционированный шумовой сигнал.

Более того, необходимо учитывать, что та же КВЧ-терапия, учитывая изначальную имманентность низкоинтенсивных высокочастотных ЭМП природе живого, является всего лишь нулевым приближением регуляции жизнедеятельности, адаптации организма к вариации условий внешней среды и т.п. В естественном биоценозе мы как раз наблюдаем внешнее полевое воздействие, а значит и эффект СР именно по типу «хаос+хаос». В обзоре [2] в качестве примера природного использования явления СР для обработки информации биообъектами рассмотрены специальные системные приспособления организмов, данные им эволюцией, для использования внутреннего шума и шума внешней среды для наиболее эффективного выделения полезной информации. Такими системами, например, являются нейрорецепторы хвоста речного рака, его же фоторецепторная система, система количественной оценки зрительного восприятия информации человеком. К аналогичным системам следует отнести и антенные устройства бабочек, а для растений – «естественные антенны», реализуемые в листьях и хвое.

Для моделирования СР в биосистеме в режиме «хаос+хаос», а также для возможного использования в процедурах КВЧ-терапии (по результатам проводимых в НИИ НМТ экспериментов на животных) предложена схема, приведенная на рис. 8, где ЭМИ КВЧ модулируется сигналом так называемой *псевдослучайной* (ПС) последовательности; другое принятое в радиотехнике и цифровой технике название: *M*-последовательность. Псевдослучайный сигнал есть периодическая последовательность пачек импульсов одинаковой амплитуды, причем эта последовательность обладает – при достаточной большой длине периода – одновременно свойствами детерминированного и стохастического сигнала. Первое объясняется идентичностью пачек в каждом периоде в смысле строгого повторения генерируемых генератором ПС-сигнала импульсов и пауз (единиц и нулей в цифровом сигнале), а стохастичность обеспечивается «псевдослучайным» сочетанием единиц и нулей в периоде: 100110100010111..., причем порядок их следования однозначно определяется схемным построением генератора.

Спектр ПС-сигнала описывается логарифмической функцией от квадрата параметра $\sin(\pi\omega/\omega_{mod})/(\pi\omega/\omega_{mk})$, где ω – текущая частота; ω_{mk} – тактовая частота генератора тактовых импульсов, запускающего генератор ПС-сигнала. При большой длине период спектр ПС-сигнала близок к шумовому, то есть непрерывному.

Таким образом, согласно рис. 8, наиболее важная физиологически шумовая компонента воздействующего на клетку сигнала – низкочастотная, адекватная биоритмам – «вносится» в виде модулирующего ЭМИ КВЧ ПС-сигнала.

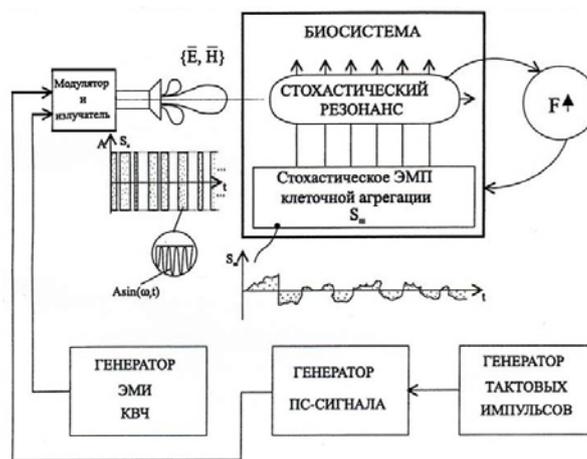


Рис. 8. Структурная схема возникновения стохастического резонанса в биосистеме в режиме «хаос+хаос»

Эффект стохастического резонанса – предмет настоящего рассмотрения – полагается одним из базовых механизмов активации процессов регуляции превращений свободной энергии на клеточном уровне, что, собственно говоря, и составляет конечный итог облучения организма при КВЧ-терапии. Отсюда и важность всестороннего рассмотрения этой концепции, доказательно планируемого на теоретическом, экспериментальном биофизическом, морфологическом и генетическом уровнях с разработкой или адаптацией соответствующего аппаратного обеспечения экспериментов.

Природная асимметрия биологических структур и киральный (частотно-киральный) резонанс. Космопланетарный феномен человека (по В. П. Казначееву) [15] подразумевает, что структурирование живой материи на Земле во многом определяется факторами космологическими. Несомненно, что к

числу этих фактов относится и киральная асимметрия живого мира, являющаяся естественной основой электромагнитной терапии с использованием киральных полей, то есть высокочастотных ЭМП и низкочастотных *переменных магнитных полей* (ПМП) с правой и левой (*D*- и *L*-) формами вращения [18]. То есть речь идет о киральном (частотно-киральном) резонансе в биосистемах.

В настоящем параграфе анализируются и систематизируются физические основы такой терапии, что необходимо не только для удовлетворения вполне понятного научного интереса, но и для оптимизации рабочих характеристик соответствующей медицинской и экспериментально-биофизической аппаратуры.

В работе [18] рассмотрены некоторые научные теории и гипотезы о возникновении вращательной асимметрии биоорганического мира. В плане естественнонаучном данный феноменологический эффект вписывается в гелиокосмобиологическую модель В. И. Вернадского.

С позиций взаимодействия ЭМП с киральными средами, содержащими такие зеркально-ассимметричные структуры, наиболее существенна пространственная дисперсия. Как правило, киральная среда является макроскопически однородной, то есть образованной из микрочастиц одинаковой зеркальной ориентации, но которые равномерно распределены и хаотично ориентированы в изотропной («матричной») среде, то есть в ней векторы электрической и магнитной индукции \vec{B} и \vec{D} одновременно связаны с напряженностями \vec{E} и \vec{H} электрического и магнитного полей как

$$\vec{D} = \epsilon \vec{E} - i\chi \vec{H}; \quad \vec{B} = \mu \vec{H} + i\chi \vec{E}, \quad (4)$$

где ϵ , μ – проницаемости; χ – безразмерный материальный параметр, определяющий степень киральности среды. (Здесь важен фактор групп симметрии).

В соответствии с (4), электродинамические процессы в киральных средах характеризуются распространением двух волн с зеркально-ассимметричными круговыми поляризациями, естественно, – с различными постоянными распространения.

Именно из этого основополагающего момента и вытекает важность учета (и использования) свойств киральности, кирального резонанса при санкционированном, в частности, терапевтическом, воздействии ЭМП на биообъект (БО).

Именно в силу данного утверждения совершенствование КВЧ-терапии и магнитотерапии предполагает учет параметра киральности (его моделирование), имманентного характеристикам биосистемы [18].

Предметом нашего конкретного рассмотрения является аспект киральности и частотно-кирального резонанса во взаимодействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с БО. В рамках существующих концепций исследуем киральные свойства БО, то есть биологических сред с *частотно-пространственной дисперсией*.

Как показали исследования школы С. П. Ситько [17], биосреда – первичная мишень ЭМИ-облучения – кожа человека при КВЧ-терапии проявляет киральные свойства в поддиапазоне 50...60 ГГц, то есть в 5-миллиметровом КВЧ-диапазоне. Это объясняется особенностями симметрии структур, из которых состоит поверхностный слой кожи. Сказанное поясняется рис. 9, где характерные размеры слоев l_D и включений $l_{вкл}$ адекватны длинам волн ЭМИ КВЧ.

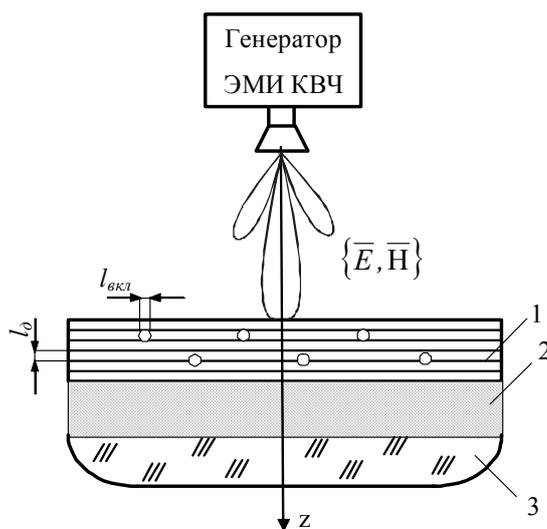


Рис. 9. Иллюстрация к объяснению киральных свойств кожи человека при воздействии ЭМИ КВЧ:
 1 – поверхностный слой кожи; 2 – глубокие слои кожи; 3 – биоткань под кожей

Однако с ЭМИ КВЧ могут резонировать не только молекулы биоткани с трехмерными резонансными размерами, но и тонкие ($l \ll l_{\text{рез}} \approx 5$ мм) структуры биоткани, обладающие выраженными киральными характеристиками. Это также следует учитывать при исследовании кирального резонанса.

Любое ЭМП, распространяясь в материальной среде, является переменным во времени и пространстве; первая характеристика определяется частотой ω , вторая – длиной волны λ ; последняя определяется диэлектрической проницаемостью среды распространения ЭМВ. Явление дисперсии наиболее характерно для диапазонов длин волн, где длины становятся сравнимы. Для диапазона 50...60 ГГц в среде живого вещества характерна особая ситуация: когда, с одной стороны, уже сильно влияние дисперсионных явлений, а с другой – еще допустимо макроскопическое рассмотрение электродинамических процессов.

Как следует из (4), векторные величины \vec{B} и \vec{D} одновременно связаны с напряженностями \vec{E} и \vec{H} . В самом общем виде уравнения Максвелла (в дифференциальной форме) записываются как:

$$\text{div } \vec{D} = 0; \text{div } \vec{B} = 0; \quad (5)$$

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{rot } \vec{H} = \frac{1}{c} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}. \quad (6)$$

Применительно к (6) соотношение (4) следует понимать в том физическом смысле, что в биоткани для поля КВЧ-диапазона (то есть квазиоптического поля) значение индукции \vec{D} определяется «предысторией» поведения функции электрического поля $E(t)$ (рис. 10).

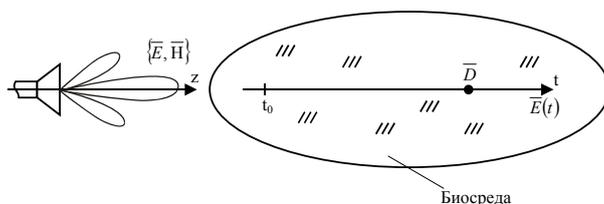


Рис. 10. Иллюстрация отставания установления электрической поляризации в биосреде от изменения ЭМП КВЧ

То есть наблюдается своего рода эффект «отставания» установления электрической поляризации от изменения поля. Что же касается поляризации, то в дисперсионной среде вектор $\vec{P} = (\vec{D} - \vec{E})/4\pi$ имеет смысл электрического момента единицы объема биосреды.

Учитывая, что в КВЧ-терапии напряженности \vec{E} и \vec{H} весьма малы, то связь \vec{D} с \vec{E} можно считать квазилинейной [9]

$$\vec{D}(t) = \vec{E}(t) + \int_0^{\infty} f(\tau) \vec{E}(t - \tau) d\tau \quad (7)$$

где $f(\tau)$ – определяемая свойствами биоткани функция времени.

В [21] предложено, используя аналогию с электростатикой ($\vec{D} = \epsilon \vec{E}$) и разложение в ряд Фурье, определить функцию частотнозависимой диэлектрической проницаемости как

$$\epsilon(\omega) = 1 - \int_0^{\infty} f(\tau) e^{i\omega\tau} d\tau, \quad (8)$$

откуда следует, что для биосреды характерна выраженная частотная дисперсия $\epsilon(\omega) = \epsilon'(\omega) - i\epsilon''(\omega)$, причем $\epsilon(\omega)$ является комплексной. Соотношения (7), (8) являются базовыми для анализа параметра $\epsilon(\omega)$ в биосредах.

В живом веществе (киральной среде) диэлектрическая проницаемость в КВЧ-диапазоне является не только частотнозависимой (8), но характеризуется и пространственной дисперсией [9].

Для монохроматических волн уравнение Максвелла (6) записываются в виде:

$$\text{rot } \vec{E} = -\frac{i\omega}{c} \vec{B}; \text{rot } \vec{H} = \frac{1}{c} i\omega \vec{D}, \quad (9)$$

где все поля и индукции являются гармоническими ($e^{i\omega t}$).

Однако при анализе и решении (9) следует учитывать специфику киральных биосред (КБС) с учетом фундаментальных свойств (4) КБС. Рассматривая (9) как гармонические процессы ($\vec{E}(\vec{r}), \vec{D}(\vec{r}), \vec{H}(\vec{r})$ и $\vec{B}(\vec{r})$) и

учитывая наличие пространственной дисперсии, можно утверждать [21], что величина ε зависит от направления нормали \vec{N} к фронту ЭМВ в КБС:

$$\vec{D}(\vec{r}) = \varepsilon(\vec{N})\vec{E}(\vec{r}). \quad (10)$$

В (10) \vec{N} является тензором.

С учетом сказанного, материальные уравнения для распространения ЭМВ КВЧ в КБС можно записать в форме (4), где параметры ε , μ и χ не зависят от структуры поля (9). В расширенном физическом толковании соотношение (4) означает, что ток, индуцируемый полем $\vec{H}(\vec{r})$ в КБС, инициирует не только магнитный, но и *электрический* дипольный момент. Для КВЧ-терапии это существенно в том смысле, что для киральных биосред, оценивая эффект терапевтического воздействия ЭМП КВЧ, необходимо учитывать – в соответствующих биофизических моделях – и магнитно-поляризационную (наведенную) составляющую. Еще отметим, что постоянные ε , μ и χ в (4) являются вещественными для непоглощающих КБС и скалярами для сред изотропных.

На основе (4), (8)-(10) в [21] получена система однородных уравнений, описывающих поля \vec{E} и \vec{H} в КБС при оговоренных выше условиях и допущениях:

$$\begin{cases} \left\{ k^{-2} - \frac{\omega^2}{c^2}(\mu\varepsilon + \chi^2) \right\} \vec{E} - \frac{2\omega^2\mu\chi i}{c^2} \vec{H} = 0; \\ -2\frac{\omega^2\varepsilon\chi i}{c^2} \vec{E} + \left\{ k^{-2} - \frac{\omega^2}{c^2}(\mu\varepsilon + \chi^2) \right\} \vec{H} = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Из нетривиальных решений (11) устанавливаем связь постоянной $\bar{k} = \bar{k}' - i\bar{k}''$ ($|\bar{k}''| > 0$) с материальными константами КБС:

$$\left[k^{-2} - \frac{\omega^2}{c^2}(\mu\varepsilon + \chi^2) \right]^2 + \frac{4\omega^4}{c^4}\chi^2\varepsilon\mu = 0, \quad (12)$$

которое при $\chi = 0$ переходит в соотношение для некиральных сред.

А киральных «медленных» и «быстрых» резонансов записываются как [21]:

$$V_{\phi} = V_{zp} = \frac{c}{\{2\chi\sqrt{-\varepsilon + \varepsilon + \chi}\}^{1/2}}; \quad (13)$$

$$V_{\phi} = V_{zp} = \frac{c}{\{\varepsilon + \chi^2 - 2\chi\sqrt{-\varepsilon}\}^{1/2}}. \quad (14)$$

Графики, построенные по формулам (13), (14), имеют характерный вид (рис. 11) [21], где $\omega = ck / (\varepsilon + k^2)^{1/2}$.

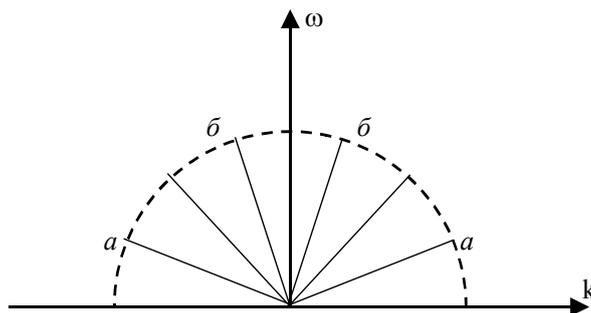


Рис. 11. Иллюстрация медленных (a) и быстрых (b) киральных резонансов для ЭМП, распространяющихся в КБС

К числу фундаментальных свойств живого вещества следует отнести тот, вытекающий из выше сказанного, факт, что ЭМВ с левой поляризацией (R_+) значительно меньше отражаются в условиях кирального резонанса от (слоя) КБС, нежели с правой поляризацией (R_-). Это означает, что для КБС наиболее имманентными (биотропными) являются ЭМВ с левой обобщенной круговой поляризацией.

Таким образом, выше, с привлечением наиболее авторитетных мнений, гипотез и теорий [9], определены особенности распространения ЭМВ КВЧ в биоткани с учетом ее выраженной киральности. С

точки зрения проектирования терапевтической аппаратуры, рассмотренные особенности позволяют оптимизировать режимы излучения, в том числе и использующие изменяемую – правую – левую – круговую поляризацию, то есть киральный резонанс.

Рассматривая высокоорганизованную биосистему, человека в первую очередь, как сверхсложную кибернетическую систему, можно утверждать, что эта система обрабатывает, воспринимает и передает информацию на основе материального носителя – низкоинтенсивного ЭМП.

Биофизические основы такого информационного регулирования на клеточно-молекулярном уровне рассмотрены, например, в [6]; на этом иерархическом уровне организма наиболее имманентными биосистеме являются ЭМП КВЧ (влияние на ориентационные, электростатические молекулярные связи, на дипольные взаимодействия, ионные и ионно-дипольные связи и т. п.). Таким образом, общефизический и общебиологический принцип взаимности требует выполнения идентичности частотно-временных $S(\omega, t)$ и пространственно-временных $S(x, y, z, t)$ собственных ПМП организма и терапевтического ПМП с вихревой компонентой (ВК) (рис. 12).

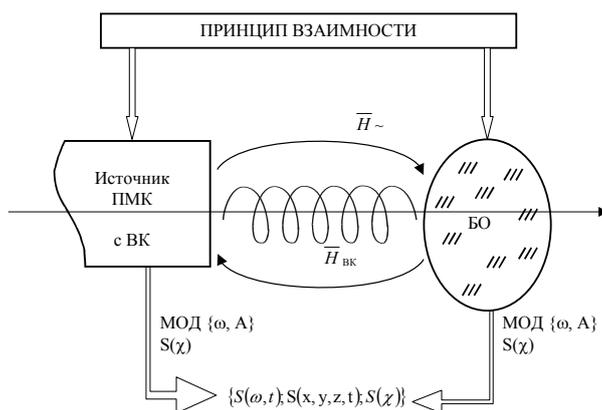


Рис. 12. К принципу взаимности в магнитотерапии

Рассмотрим данный, первостепенной важности момент подробнее.

Излучаемые БАТ *рефлексогенными зонами* (РГЗ) (Подшибякина, Захарьина-Геда) поля векторизованы, имеют свою ВК, а также сложным образом модулированы МОД $\{\omega, A\}$ по частоте и амплитуде (рис. 12). Кроме того, водный матрикс организма, являющийся первичной мишенью для воздействующих (внешних) ПМП, имеет для структурированной воды спиральную форму с *D*- и *L*-формами вращательной симметрии, что и определяет морфогенез организма; это учитывается характеристикой киральности $S(\chi)$ (рис. 12). Наконец, излучаемые БАТ и РГЗ поля являются – по несущей частоте – высококогерентными. Последнее вытекает из того очевидного факта, что информацию несет модуляция и киральность, а несущая частота должна обеспечивать для них перцептивный (избирательный) канал информационного обмена.

Таким образом, согласно схеме на рис. 12, полевая биотропность, то есть максимальная адекватность внешних полей и полей организма, обеспечивается подбором характеристик первого из них, а именно: поле должно обладать высоким уровнем информационной емкости, высокой спектральной плотностью модуляции, главное – высокой повторяемостью спектрального состава в течение длительного времени, то есть поддерживать соответствие в физическом моделировании трехмерным структурам полей. Это означает, что воздействующее поле должно иметь продольную, радиальную и тангенциальную, то есть вращательную, компоненту – быть вихревым. Структура же излучаемых БАТ и РГЗ ЭМП достаточно хорошо изучена [12].

Именно многовекторность воздействующих ПМП с ВК требуется для обеспечения пространственно-временного суммирования информационных сигналов на БО (рис. 13) [13].

Именно за счет такого суммирования обеспечивается высокая чувствительность биосистем; речь идет, понятно, об интегральной чувствительности, которая на несколько порядков выше чувствительности единичных рецепторов БО.

Также важно согласование поляризационных (киральных) характеристик ПМП с направлением меридианов и коллатералей в акупунктурной схеме организма [12]; последние характеризуются как центростремительной, так и центробежной симметрией.

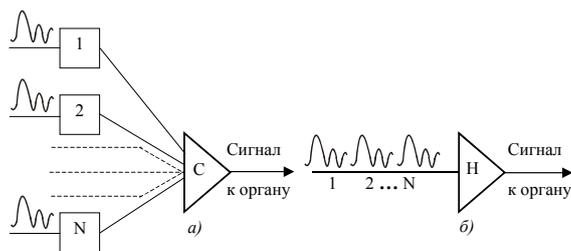


Рис. 13. К пространственной (а) и временной (б) суммации информационных сигналов на биообъекте: С – сумматор; 1, 2, ... N – приемники сигналов; Н – накопитель; 1, 2, ... N – последовательность сигналов

Отсюда следует важный вывод: в практической реализации «вихревой магнитотерапии» необходимо обеспечивать воздействие ПМП с двумя направлениями вращения поля (рис. 14).

Таким образом, выше определены, исходя из биотропных параметров ПМП с ВК, специфические схмотехнические и схемно-конструкторские требования к соответствующей аппаратуре магнитотерапии, использующей частотно-киральные резонансы.

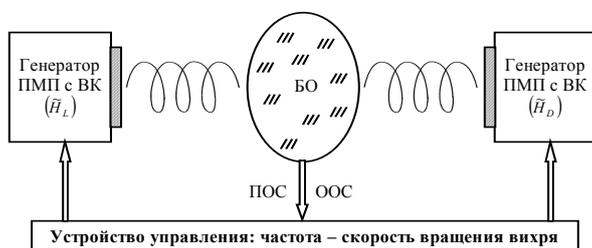


Рис. 14. Контурная схема магнитотерапии с использованием генераторов ПМП с ВК с различными поляризациями (D- и L-формами)

Выше исследованы физические причины, положенные в основу КВЧ-терапии и магнитотерапии, использующих вращающиеся поля D- и L-форм, то есть право- и левовращающиеся. Средство или имманентность таких полей (киральных полей) живому веществу вполне объясняется гелиокосмобиологической моделью В. И. Вернадского. Таким образом, вводя в число управляемых характеристик излучаемого поля параметр киральности, можно качественно повысить эффективность соответствующей терапевтической аппаратуры, а также полномасштабно исследовать в эксперименте биологические процессы в организме при воздействии киральных полей с позиции частотно-кирального резонанса.

Заключение. Рассмотрены известные теории, объясняющие механизмы взаимосвязи электромагнитных полей с живыми организмами в свете биорезонансной концепции, а также теории активации клеточных полей при внешнем облучении. На основе анализа использования электромагнитных полей низкой интенсивности показан биоинформационный характер соответствующих взаимодействий. Предложена и обоснована классификация типов электромагнитных биорезонансов: частотный, двойной частотный, стохастический и киральный. Разработаны физико-биологические модели основных видов электромагнитных биорезонансов, а также комбинированных видов биорезонансов, что наиболее имманентно реальным (природным) процессам жизнедеятельности. Теоретически обоснована имманентность биорезонансных эффектов, инициируемых электромагнитными полями эндогенного воздействия, процессам жизнедеятельности, начиная со стадии эволюционного биопоза.

Таким образом, на основе анализа отечественных и зарубежных источников, а также выдвинутых автором, теоретически и экспериментально доказанных положений, разработана непротиворечивая концепция об имманентности низкоинтенсивных электромагнитных (и магнитных) полей процессам жизнедеятельности биообъектов живой природы.

На основе полученных результатов определены эффекты воздействия на живые организмы искусственных (технических) электромагнитных полей. В данном аспекте выработаны практические рекомендации для КВЧ-терапии и магнитотерапии.

По теме статьи также см. работы [1, 3, 5, 11, 14, 16, 22].

Литература

1. Амрофеев В.И., Субботина Т.И., Яшин А.А. О возможном корреляционном механизме активации собственных электромагнитных полей клеток организма при внешнем облучении // Миллиметровые волны в биологии и медицине. 1997. № 9-10. С. 28.
2. Анищенко В.С., Нейман А.Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л. Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // Успехи физических наук. 1999. Т. 169, №1. С. 7–38.
3. Архипов М.Е., Субботина Т.И., Яшин А.А. Киральная асимметрия биоорганического мира: Теория, эксперимент / Под ред. Яшина А.А. Тула: ПАНИ, НИИ НМТ. Изд-во «Тульский полиграфист», 2002. 242 с.
4. Архипов М.Е., Субботина Т.И., Яшин А.А. Киральная асимметрия биоорганического мира: теория, эксперимент. Тула, 2002.
5. Афромеев В.И., Субботина Т.И., Яшин А.А. Корреляционный подход и роль физиологических ритмов в объяснении эффектов взаимодействия электромагнитных полей с живым организмом // Вестник новых медицинских технологий. 1997. Т. 4, № 3. С. 31.
6. Веселовский В.Н., Яшин А.А. Введение в информационную теорию вирусов / Под ред. Яшина А.А. Тула: ПАНИ. Изд-во «Тульский полиграфист», 2000. 149 с.
7. Вестерхофф Х., ван Дам К. Термодинамика и регуляция превращений свободной энергии в биосистемах: Пер. с англ. М.: Мир, 1992. 686 с.
8. Гапеев А. Б. Особенности действия модулированного электромагнитного излучения крайневых частот на клетки животных: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Пушино: Ин-т теорет. и эксперимент. биофизики РАН, 1997. 21 с.
9. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу: Ритмы жизни: Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 248 с.
10. Голант М.Б. Клетка как недовозбужденный резонансный генератор. Использование внешних когерентных и шумовых сигналов для ускорения перехода к режиму генерации. В кн.: Миллиметровые волны в медицине: Сб. ст. Тт. 1, 2 / Под ред. Девяткова Н.Д. и Бецкого О.В. М.: Изд-во Ин-та радиотехн. и электрон. АН СССР, 1991. С. 419–423.
11. Грызлова О.Ю., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А., Яшин С.А. Биорезонансные эффекты при воздействии электромагнитных полей: физические модели и эксперимент. Москва, 2007.
12. Емельянова В.О., Кривоконь В.И., Титов В.Б. Биокоррекция. Модели, приборы, системы. Ставрополь: ОАО «Пресса», 1997. 192 с.
13. Житник Н.Е., Новицки Я.В., Привалов В.Н. Вихревые магнитные поля в медицине и биологии // Вестник новых медицинских технологий. 2000. Т. 7, № 1. С. 46–57.
14. Исаева Н.М., Савин Е.И., Субботина Т.И., Яшин А.А. Биоинформационный анализ последствий воздействия магнитных полей на процессы жизнедеятельности млекопитающих // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 1-2. С. 284–286.
15. Казначеев В. П., Спириг Е. А. Космопланетарный феномен человека: Проблемы комплексного изучения. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. 304 с.
16. Москвин С.В., Новиков А.С., Плаксин С.В., Субботина Т.И., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Биофизические исследования собственных электромагнитных полей биообъектов. Москва, 2007.
17. Ситько С.П., Мкртчян Л.Н. Введение в квантовую медицину. Киев: «ПАТТЕРН», 1994. 145 с.
18. Соколовский С. И., Яшин С. А. Биофизическое обоснование и клиническая апробация лечения пародонтита вихревыми магнитными полями // Электродинамика и техника СВЧ и КВЧ. 2000. Т. 8, № 1. С. 57–67.
19. Хадарцев А.А., Яшин А.А. Новые медицинские технологии лечения заболеваний внутренних органов и их аппаратное обеспечение // Вестник новых медицинских технологий. 1996. Т. 3, № 2. С. 6–9.
20. Чиркова Э.Н. Волновая природа регуляции генной активности: Живая клетка как фотонная вычислительная машина // Русская мысль. 1992. № 2. С. 29–41.
21. Човнюк Ю.В., Овсянникова Т.Н. Электромагнитные волны КВЧ-диапазона в биоплазме // Physics of the Alive. 2001. V. 9, № 1. P. 12–22.
22. Яшин А.А. Информационная виртуальная реальность. Монография. Т. 4 / Под ред. Яшина А.А. Тула, 2003.
23. Sitko S. The crucial evidence in favour of the fundamentals of physics of the alive // Physics of the Alive. 1998. V. 6, № 1. P. 6–10.

References

1. Amrofeev VI, Subbotina TI, Yashin AA. O vozmozhnom korrelyatsionnom mekhanizme aktivatsii sobstvennykh elektromagnitnykh poley kletok organizma pri vshnem obluchenii [the correlation Of a possible

mechanism of activation of own electromagnetic fields of the cells of the body external irradiation]. *Millimetrovye volny v biologii i meditsine*. 1997;9-10:28. Russian.

2. Anishchenko VS, Neyman AB, Moss F, Shimanskiy-Gayer L. Stokhasticheskiy rezo-nans kak indutsirovanny shumom effekt uvelicheniya stepeni poryadka [Stochastic resonance as a noise-induced effect of increasing the degree of order]. *Uspekhi fizicheskikh nauk*. 1999;169(1):7-38. Russian.

3. Arkhipov ME, Subbotina TI, Yashin AA. Kiral'naya asimmetriya bioorganicheskogo mira: Teoriya, eksperiment [the Chiral asymmetry of the Bioorganic world: Theory, experiment]. Pod red. Yashina AA. Tula: PANI, NII NMT. Izd-vo «Tul'skiy poli-grafist»; 2002. Russian.

4. Arkhipov ME, Subbotina TI, Yashin AA. Kiral'naya asimmetriya bioorganicheskogo mira: teoriya, eksperiment [the Chiral asymmetry of the Bioorganic world: theory, experiment]. Tula; 2002. Russian.

5. Afromeev VI, Subbotina TI, Yashin AA. Korrelyatsionnyy podkhod i rol' fiziologi-cheskikh ritmov v ob"yasnenii effektov vzaimodeystviya elektromagnitnykh poley s zhivym organizmom [the Correlation approach and the role of psychologists-ical rhythms in explaining the effects of the interaction of electromagnetic fields with the living body]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 1997;4(3):31. Russian.

6. Veselovskiy VN, Yashin AA. Vvedenie v informatsionnyuyu teoriyu virusov [Introduction to information theory viruses]. Pod red. Yashina AA. Tula: PANI. Izd-vo «Tul'skiy poligrafist», 2000. 149 s. Russian.

7. Vesterkhoff Kh., van Dam K. Termodinamika i regulyatsiya prevrashcheniy svobodnoy energii v biosistemakh [Thermodynamics and control of free energy transformations in biological systems]: Per. s angl. Moscow: Mir; 1992. Russian.

8. Gapeev AB. Osobennosti deystviya modulirovannogo elektromagnitnogo izlucheniya kraynevysokikh chastot na kletki zhivotnykh [Features of the action of modulated electromagnetic radiation of extreme frequencies on animal cells] [dissertation]. Pushchino (Pushchino region): In-t teoret. i eksperiment. biofiziki RAN; 1997. Russian.

9. Glass L, Meki M. Ot chasov k khaosu: Ritmy zhizni [From clocks to chaos: the Rhythms of life]: Per. s angl. Moscow: Mir; 1991. Russian.

10. Golant MB. Kletka kak nedovozbuzhdennyy rezonansnyy generator. Ispol'zovanie vneshnikh kogerentnykh i shumovykh signalov dlya uskoreniya perekhoda k rezhimu generatsii [Cell nedobity resonant generator. Use of external coherent and noise signals to accelerate the transition to the generation mode. In the book.: Millimeter waves in medicine]. V kn.: *Millimetrovye volny v meditsine*: Sb. st. Tt. 1, 2. Pod red. Devyatkov ND. i Betskogo OV. M.: Izd-vo In-ta radiotekhn. i elektron. AN SSSR; 1991. Russian.

11. Gryzlova OY, Subbotina TI, Khadartsev AA, Yashin AA, Yashin SA. Biorezonansnye ef-fekty pri vozdeystvii elektromagnitnykh poley: fizicheskie modeli i eksperiment [Bio-resonance effects when exposed to electromagnetic fields: a physical model and experiment]. Moscow; 2007. Russian.

12. Emel'yanova VO, Krivokon' VI, Titov VB. Biokorreksiya. Modeli, pribory, sistemy [Biocorrection. Models, instruments, systems]. Stavropol': OAO «Pressa»; 1997. Russian.

13. Zhitnik NE, Novitski YV, Privalov VN. Vikhrevye magnitnye polya v meditsine i biologii [The vortex magnetic fields in medicine and biology]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2000;7(1):46-57. Russian.

14. Isaeva NM, Savin EI, Subbotina TI, Yashin AA. Bioinformatsionnyy analiz posledst-viy vozdeystviya magnitnykh poley na protsessy zhiznedeyatel'nosti mlekopitayushchikh [Bioinformatic analysis of the effects-the effects of magnetic fields on life processes of mammals]. *Mezhduna-rodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*. 2014;1-2:284-6. Russian.

15. Kaznacheev VP, Spirin EA. Kosmoplanetarnyy fenomen cheloveka: Problemy kompleksnogo izucheniya [Cosmoplanetary phenomenon of the human: Problems of a comprehensive study]. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie; 1991. Russian.

16. Moskvina SV, Novikov AS, Plaksin SV, Subbotina TI, Khadartsev AA, Yashin AA. Bio-fizicheskie issledovaniya sobstvennykh elektromagnitnykh poley bioob"ektov [Bio-physical studies of natural electromagnetic fields biological objects]. Moscow; 2007. Russian.

17. Sit'ko SP, Mkrtchyan LN. Vvedenie v kvantovuyu meditsinu [Introduction to quantum medicine]. Kiev: «PATTERN»; 1994. Russian.

18. Sokolovskiy SI, Yashin SA. Biofizicheskoe obosnovanie i klinicheskaya aprobatsiya lecheniya parodontita vikhrevymi magnitnymi polyami [Biophysical rationale and clinical testing for the treatment of periodontitis vortex magnetic fields]. *Elektrodinamika i tekhnika SVCh i KVCh*. 2000;8(1):57-67. Russian.

19. Khadartsev AA, Yashin AA. Novye meditsinskie tekhnologii lecheniya zabolevaniy vnutrennikh organov i ikh apparaturnoe obespechenie [New medical technologies in the treatment of diseases of the internal organs and their instrumental provision]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 1996;3(2):6-9. Russian.

20. Chirkova EN. Volnovaya priroda regulyatsii gennoy aktivnosti: Zhivaya kletka kak fotonnaya vychislitel'naya mashina [The wave nature of regulation of gene activity: Living cell as photonic computing machine]. *Russkaya mysl'*. 1992;2:29-41. Russian.

21. Chovnyuk YV, Ovsyannikova TN. Elektromagnitnye volny KVCh-diapazona v bioplazme [Electromagnetic waves of EHF-range in the bio-plasma]. *Physics of the Alive*. 2001;9(1):12-22. Russian.

22. Yashin AA. Informatsionnaya virtual'naya real'nost' [Information virtual reality. Monograph]. Monografiya. T. 4. Pod red. Yashina AA. Tula; 2003. Russian.

23. Sitko S. The crucial evidence in favour of the fundamentals of physics of the alive.. Physics of the Alive. 1998;6(1):6-10.

Библиографическая ссылка:

Яшин А.А. Резонансные эффекты во взаимодействии электромагнитных полей с биосистемами. Ч.1. Виды резонансов и их физико-биологические модели // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2018. №2. Публикация 3-1. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2018-2/3-1.pdf> (дата обращения: 16.03.2018). DOI: 10.24411/2075-4094-2018-16005.