

МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

УДК 612.014.426

В.И. Баньков

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПРОЦЕССОВ БИОСФЕРЫ НА ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ

Уральская государственная медицинская академия

В условиях хронического действия относительно слабых электромагнитных полей (ЭМП) естественного происхождения развивалась и в настоящее время протекает жизнь на Земле. Эти поля, являясь постоянно действующим экологическим фактором, имеют определенное значение в жизнедеятельности различных организмов [1, 2, 5].

В результате технического прогресса, развития электроэнергетики и систем связи суммарная напряженность антропогенных ЭМП в различных точках земной поверхности увеличилась по сравнению с естественным фоном на 2-5 порядков. Особенно резко напряженность возросла вблизи линий электропередач, около различных энергетических энергоемких установок. В масштабах эволюционного процесса этот рост напряженности ЭМП может рассматриваться как одномоментный скачок с неясными пока биологическими последствиями. По этому поводу мнения различных специалистов расходятся весьма существенно. Одни относят ЭМП к числу сильнодействующих экологических факторов, что скачкообразный рост их напряженности может вызвать существенные и даже катастрофические последствия для всего живого. Другие, признавая определенную роль внешних ЭМП в развитии и функционировании биосистем, относят их к числу слабо или мягко действующих факторов и считают возможным устранить или существенно ослабить их неблагоприятное воздействие путем эколого-гигиенического нормирования. Третья, а их подавляющее большинство, предпочитают не замечать резкого увеличения электромагнитного фона и вообще не учитывают его в своих работах [2, 6].

В последнее десятилетие в связи с дальнейшим ростом напряженности ЭМП за счет использования полей в технике, медицине, сельском хозяйстве существенно возросло число исследований по электромагнитной биологии, особенно по действию на биосистемы полей низкочастотного и инфранизкочастотного диапазонов. Существенно развивается физиологическое направление этих исследований [3, 7, 8].

Особо следует отметить «информационную» теорию взаимодействия ЭМП с биологическими системами, включая человека и животных [4], ибо эта наиболее спорная, с позиции многих авторов, концепция в настоящее время имеет право не только на существование в качестве гипотезы, но и является практической базой, позволяющей выяснить сигнальную роль низкочастотных ЭМП, их регулирующие действие, стабилизирующее и дестабилизирующее влия-

ние.

Однако следует определиться с самим понятием «информация» прежде всего с позиции интересующей исследователей, ибо имеется несколько «разночтений» этого понятия [4]. Термин «информация» используется в двух разных значениях. Одно из них возникло из теории связи [9], в которой слову «информация» придается точное значение. Информация в этом случае является некоторой мерой недостатка в сообщении, но отнюдь не имеет такого значения, как полезная или бесполезная, многозначительная или бессмысленная. Здесь отсутствует какая-либо семантика, т.е. понятие совершенно статично. Второе значение слова «информация» более или менее совпадает с его смыслом в языке повседневной жизни. Нередко исследователи оба значения время от времени путают. Например, когда говорят о количестве информации в ДНК (в смысле теории связи) при более тщательной проверке оказывается, что это слово используется в смысле обычного языка. Такая произвольная подмена, очевидно, связана с отсутствием научного обоснования использования термина «информация» во втором смысле.

Н. Винер писал, что информация - это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему наших чувств [9]. В этом определении информация трактуется по существу как отражение объективного разнообразия среды в человеческом восприятии.

Как отражение явлений реального мира, понятие информации раскрывается указанием действий, в которых она участвует: передаче, преобразовании и хранении информации. Информация - это свойство материи, т.е. она присуща всем объектам, в том числе и объектам неживой природы [9, 11].

Для понимания механизма реакций функциональных систем в ответ на действие ЭМП в большой степени подходит определение, в котором информация рассматривается как воздействие на систему, вызывающее реакции системы, которые приводят к нетривиальному ходу спонтанных процессов (нетривиальный - такой ход, вероятность которого не является максимальной) [9]. Из данного определения вытекает, что для реагирования системы нужна трансляция внешнего сигнала на внутренний стимул системы, а чтобы ход спонтанных процессов был нетривиальным, нужны амплификация и трансформация этого действия, использующие дополнительный источник энергии. Отсюда функциональная система (биологическая структура) отражает взаимодействие информационных сигналов и энергетических воздействий и является результатом ограничений, которые накладывают информационные воздействия на спонтанные термодинамические изменения, т.е. этот процесс можно назвать нетривиальным осуществлением спонтанных реакций, позволяющих выделить систему из окружающей среды и поддержать ее равновесие. В известных работах вполне определенно доказано, что

термодинамика и регуляция биологических систем связаны информационными процессами [9, 13, 14].

В процессе эволюции живая природа использовала естественные ЭМП внешней среды как источник информации, обеспечивающий непрерывное приспособление организмов к изменениям различных факторов внешней среды. На основе этого можно объяснить высокую чувствительность организмов к изменениям ЭМП, несущим информационные сигналы. Эффекты суммации таких сигналов в биосистемах осуществляют «настройку» этих систем на восприятие ЭМП с определенными параметрами. Нарушение регуляторных функций в биосистемах появляется при неадекватных интенсивностях воздействующих ЭМП, вносящих электромагнитные помехи, что ставит живой организм в зависимость от изменения параметров внешних ЭМП [1].

Если говорить об информации из внешней среды, то преимущества ЭМП по сравнению с другими носителями информации - звуком, светом, запахом и т.д. очевидны. ЭМП инфранизких и низких частот способны проникать во все среды обитания живых организмов - в глубины морей и океанов, толщу земной коры и, конечно, в живые ткани живых организмов. Информация с помощью ЭМП может передаваться на любые расстояния по планете и при любых метеорологических условиях. Сезонные, месячные, суточные периодические изменения метеорологических факторов согласованы с периодическими изменениями гео- и геоэлектромагнитных полей, на что очень четко реагируют живые организмы, соответственно изменяя свою экзо- и эндогенную деятельность [17].

Анализ наиболее существенных научных исследований показал, что теория информации не оказала существенного влияния на биологию и на ее отрасль - медицину. Этому есть реальные причины. Первая причина - исследователи считают, что не оправдались ожидания на математическую тождественность информации и энтропии. Вторая причина - полученный результат по относительной пропускной способности каналов связи, верный с математической точки зрения, оказался неверным на практике, что поколебало доверие к теории информации вообще. Третья причина - исследователи выдвигают главное критическое замечание против использования в экологической физиологии теории информации, заключающееся в том, что она не связана с семантикой, т.е. со смыслом информации по отношению к рассматриваемой среде.

Главными же причинами такого положения дел являются «официальные догмы» в физике, сформированные на протяжении последнего полувека. По канонам этих догм воздействию электромагнитных волн (особенно низкочастотных) на живые организмы рассматриваются как процесс, основанный на принципах движения Бернулли (броуновское) и теории Дебая [16]. Реально процесс движения в распределенных системах к которым относятся живые организмы, проходит по принципу Даламбера - этот принцип вообще не рассматривается в физиологии и медицине именно по вышеназванным причинам.

Использование принципа Даламбера и информационной теории динамических систем позволило произвести расчеты, экспериментально подтвердить их и в дальнейшем доказать наличие фундаментальных свойств живых организмов (или их органов) формировать ответ-сигнал на воздействие низкочастотных модулированных импульсов ЭМП, несущих информационный характер. Следует отметить, что характер ответ-сигнала достоверно отражает функциональные и морфологические (анатомические) свойства живого организма в реальном масштабе времени [4]. На практике это означает возможность управления обменными процессами (функционированием органов, целыми организмами) по системам динамической и статической обратной связи с помощью информационных, сложно модулированных электромагнитных полей, близких по своим параметрам к естественным полям биосферы [15].

Оценку информационной структуры воздействия инфранизкочастотных и низкочастотных электромагнитных полей на живой организм следует начать с энтропийной характеристики видов этих полей.

Известно положение, согласно которому биологическая система является открытой и неравновесной, поэтому постоянный обмен веществ тесно связан с поступлением энергии из окружающей среды. Термодинамическим условием существования этого обмена является неравновесность системы. Периодический характер электромагнитных процессов биосферы воздействует не только на систему термодинамических сил, поддерживающих существование живых организмов в «неравновесном режиме», но и определяется информационным воздействием. Однако какой вид форму должно иметь ЭМП биосферы или подобное ему искусственное ЭМП, чтобы иметь «возможность» воздействовать на живой организм информационными сигналами? Очевидно, такие ЭМП должны обладать высокой энтропией.

Если рассматривать живой организм с позиции Шредингера [13], опираясь на второе начало термодинамики, то не трудно заметить, что энтропия веществ выделяемых организмом, выше энтропии потребляемых им веществ, т.е. делается заключение о том, что организм «питается отрицательной энтропией». Отток энтропии в окружающую среду приводит к формированию неравновесности открытой системы живого организма. Это означает, что организм и биосфера в целом не изолированы, но открытые системы, обменивающиеся с окружающей средой и веществом, и энергией. Самоорганизация и эволюция открытых биологических систем на всех уровнях, начиная с клетки и кончая биосферой в целом, происходит вследствие оттока энтропии в окружающую среду. Земля получает энергию от Солнца в виде мощного электромагнитного потока, включая инфракрасное и ультрафиолетовое излучение. Согласно обоснованным оценкам [13], поток энергии, достигающий Земли, равен 17

$$dE/dt = 1,2 \cdot 10^{17} \text{ Вт}$$

Такое же количество энергии экспортируется вновь, но при более низкой температуре. Плотность оттока энтропии на один квадратный метр составляет 2

$$J_s = -1 \text{ Вт/ (м}^2\text{)}$$

Эта величина, представляющая верхний предел экспорта энтропии Землей, ответственно за биологическое развитие и эволюцию. Таким образом, само существование биосферы можно рассматривать как стационарный процесс, реализуемый на фоне грандиозного необратимого процесса охлаждения Солнца.

Динамические, необратимые жизненные процессы, происходящие внутри организованной структуры, изменяются медленно или остаются практически неизменными. Соответственно в процессе изучения живой структуры (макромолекул, клеток) широко используются условия термодинамического равновесия и, как правило, полученные теоретические и экспериментальные данные оказываются близкими друг к другу. Это указывает на явление, способное компенсировать неравновесный режим существования живого организма, т.е. явление, способное добавить к энтропии потребляемых организмом веществ из внешней среды энтропию какого-либо внешнего электромагнитного информационного воздействия, в этом случае обмен энергией между живым организмом и внешней средой (биосферой) может соответствовать термодинамическому равновесию.

Считается, что восприятие живыми системами некоторого количества информации (J), передаваемой от источника ЭМП, приводит к уменьшению энтропии (H) этого поля, отсюда, количество информации может быть равно энтропии в случае, когда неопределенность ситуации снимается полностью [11]. Это положение является идеальным, но при воздействии на живой организм электромагнитными полями биосферы или искусственными МП и ЭМП практически не имеет места, т.е. в любой ситуации воздействия всегда имеется неопределенность. В простейшем случае при неполном разрешении имеют место частичная информация, являющаяся известностью между начальной и конечной энтропией.

Анализ энергоинформационных параметров постоянного МП и переменных однородных, импульсных ЭМП показал, что наибольшей энтропией, а следовательно, и реальной возможностью переносить информацию обладает низкочастотное импульсное сложное модулированное ЭМП, основанное на нелинейном процессе формирования сигнала [18]. Очевидно, только подобное ЭМП способно оптимизировать термодинамические процессы обмена веществ между организмом и окружающей средой и компенсировать «неравновесный» режим их взаимодействия [10, 11, 14].

Использование ИСМ ЭМП для передачи энергоинформационного сообщения к органу (его части) или целому живому организму можно рассматривать как частный случай, в котором R сообщений могут быть разложены на Rn их независимых разновидностей - по числу гармоник, входящих в сложное модулированный импульс. Например, если в модулированный импульс входят две гармоники, то полное

число сообщений равно их произведению, т.е. для оценки информационного сообщения, содержащегося в одном модулированном импульсе можно использовать аддитивный, двоичный логарифмический расчет информации [11]. Создается возможность посредством оценки информационно (например, семантической) ценности ИСМ ЭМП определить энергетическую реальность воздействия.

Для семантической оценки воздействия ИСМ ЭМП живую систему можно формализовать и представить как модель получателя сигналов от ЭМП, обратившись к современным понятиям теории динамических систем или понятиям синергетики [12].

Согласно этому получателю сигналов (живой орган) представляется динамической системой, поведение которой можно описать траекториями в некотором пространстве состояний. Тогда точка на каждой траектории в момент t определяется вектором g(t). Величина g удовлетворяет системе нелинейных дифференциальных уравнений 1-го порядка.

$$g = N(g) + F(t),$$

где: N - вектор-функция, зависящая от g и некоторого управляющего параметра I; F(t) - частотно-энергетическое воздействие ЭМП.

При действии ЭМП на системы живого организма наиболее вероятны два случая: 1 - «электромагнитное сообщение» оставляет системы живого организма в прежнем состоянии - сообщение для живого организма бесполезно или бессмысленно, т.е. потребление организмом второй энтропийной (информационной) компоненты не имеет мест или отсутствует; 2 - сообщение переводит какую-либо систему организма (орган) в новый аттрактор (начальное состояние аттрактора может быть покоем, возбуждением, циклом и т.д.) - в этом случае энтропия ЭМП используется организмом.

Для практического определения относительной ценности сообщения целесообразно выявить его воздействие на отдельный аттрактор, дающий начало новым сообщениям, которые затем передаются в новую динамическую систему. Таким образом происходит компенсация «потребления» энтропии ЭМП одними организмами за счет других. Предлагаемое решение алгоритма сводится к выбору сообщения (формированию структуры импульса ИСМ ЭМП), которое имеет наибольшую ценность. Концептуально решается, теряется, сохраняется или порождается динамическими системами организма информация, вносимая в них сложномодулированным ЭМП.

Если обозначить относительную ценность информации, заложенной в ИСМ ЭМП, через S(o), а концептуальную реакцию организма через S(i), то при условии, что информационные параметры поля Ri(n) определены, следует считать, что если S(o) > S(i), то информация теряется, если S(o) = S(i), то информация сохраняется, если S(o) < S(i), то информация порождается. Данная система решений позволяет определить минимальную величину энергоинформационного воздействия, необходимого для перевода выявленного аттрактора живого органа в новое состояние, путем направленного воздействия ИСМ

ЭМП, т.е. путем создания относительных условий существования термодинамического равновесия между живым организмом и биосферой.

Вышесказанные аргументы покзывают, что низкочастотные импульсные ЭМП биосферы или подобные поля искусственного происхождения, имеющие более высокочастотные модулирующие компоненты, обладаю значительным энергоинформационным пулом, т.е. соответственно имеют высокую энтропию. Исследователи наблюдают значительную эффективность подобных ЭМП на живой организм [15]. Компенсирующая роль подобных природных ЭМП в биосфере очевидна [17]. Эти поля необходимо учитывать как мощный экологический фактор, действие которого на организм человека осуществляется повсеместно [19].

С другой стороны, имеются определенные успехи в использовании свойств ИСМ ЭМП для лечения и диагностики, а также для компенсации неблагоприятных экологических факторов, в частности радиации, промышленных ЭМП и т.д. [1.2.4.6]

Подобными свойствами могут обладать только те ЭМП, которые имеют высокие энтропийные характеристики, способные в глобальном масштабе обеспечить условия термодинамического равновесия.

В то же время в эволюции звезд и планетных систем так же, как и в биологической эволюции, происходит «борьба за существование» - возникшие центры тяготения конкурируют друг с другом за конденсируемый материал. И в космологии, и в биологии эти процессы связаны с созданием новой информации при возникновении новых звезд или новых видов, или особей. Создается ли новая информация в результате запоминания случайного выбора или по каким-либо другим законам - на этот вопрос пока ответ отсутствует. Однако известно, что процессы формирования новой информации связаны с неустойчивостью предшествующих состояний и то, что они имеют фазовый характер.

Таким образом, теоретические подходы, основанные на теории информации и рассмотрении устойчивости динамических систем, в принципе являются общими для физики неживой и живой природы, для электромагнитных процессов биосферы и самого живого организма - человека и животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плеханов Г.Ф. Основные закономерности низкочастотной электромагнитобиологии. - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1990. - 187с.
2. Плеханов Г.Ф. Экологическая роль внешних электромагнитных полей / Проблемы солнечно-земных связей. - Новосибирск, 1982. - С.10-16.
3. Кузнецов А.Н. Биофизика низкочастотных электромагнитных воздействий. - М.: МФТИ, 1994.
4. Баньков В.И., Макарова Н.П., Николаев Э.К. Низкочастотные импульсные сложномодулированные электромагнитные поля в медицине и биологии: Экспериментальные исследования. - Екатеринбург: Изд-во УРГУ, 1992. - 100с.

5. Эйди У.Р., Дельгадо Х., Холодов Ю.А. Электромагнитное загрязнение планеты и здоровье / Наука и человечество. - М.: Знание, 1989.
6. Алексеев А.Г., Холодов Ю.А. Электромагнитная безопасность // Вестник Сиб. отд. РАЕН - 1997. - №1.
7. Меркулова Л.М., Холодов Ю.А. Реакция возбудимых тканей организма на импульсные магнитные поля. - Чебоксары: Изд-во Чув. Ун-та, 1996.
8. Холодов Ю.А. Нейробиологические подходы к магнитотерапии // Биомедицинская радиозлектроника - 1998. - №2. - С.30-38.
9. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. - М.: Изд-во иностр. лит., 1963. - 829с.
10. Хармут Х. Применение методов теории информации в физике. - М.: «Мир», 1989. - 344с.
11. Темников Ф.Е., Афонин В.А., Дмитриев В.И. Теоретические основы информационной техники. - М.: «Энергия», 1971 - 424с.
12. Хакен Г. На пути к динамической теории информационных процессов. - М., 1984. - С.57-64.
13. Волькинштейн М.В. Биофизика. - М.: «Наука», 1988. - 592с.
14. Рубин А.Б. Биофизика. - М.: «Высшая школа», 1987 - 319с.
15. Прессман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. - М.: «Наука», 1968. - 288с.
16. Основы теории колебаний / В.В. Мигулин, В.И. Медведев, Е.Р. Мустель, В.Н. Парагин. - М.: «Наука», 1987. - 392с.
17. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. - М.: «Мысль», 1976. - 336с.
18. Гуревич М.С. Спектр радиосигналов. - М.: «Связьиздат», 1963. - 311с.
19. Дубров А.П. Экология жилища и здоровье человека. - Уфа: Изд-во «Слово», 1995. - 96с.

УДК 504.75.05

Л.А. Ковальчук, О.А. Сатонкина, А.Э. Гарянова

КИНЕТИКА НАКОПЛЕНИЯ ЦИНКА, МЕДИ И КАДМИЯ В КРИТИЧЕСКИХ ОРГАНАХ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ЛАБОРАТОРНОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Уральская государственная медицинская академия, Институт экологии растений и животных УрО РАН

Обострение экологической ситуации в отдельных регионах России в значительной мере связано с развитием горнометаллургического комплекса. Одним из таких регионов является Урал и, в частности Свердловская область, занимающая двенадцатое место среди двадцати наиболее неблагоприятных в этом отношении регионов России, где медико-экологическая ситуация расценивается как «неблагоприятная» [2]. Значительный вклад в это вносят предприятия цветной металлургии, являющиеся источником интенсивного локального загрязнения окружаю-