

К. Я. БУЛАНОВА, Н. Г. СОЛОВЬЁВА, Л. М. ЛОБАНОК

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ГНУ “Институт радиобиологии НАН Беларуси”, Минск

Интерес к изучению эффектов магнитных (МП) и электромагнитных (ЭМП) полей определен рядом причин. Обнаружено, что геомагнитное поле обладает реорганизующим конструктивным воздействием на организм и его отдельные системы [1]. Доказана триггерная роль возмущений МП Земли, обусловленных действием космических факторов, в провокации вспышек эпидемий, обострений сердечно-сосудистых, психических и других заболеваний, увеличении риска травматизма у человека [2]. Показано, что не только рост и дифференцировка клеток, но и их неопластическая трансформация происходят при участии ЭМП [3].

Выяснение сигнальной роли статически упорядоченных электромагнитных излучений (ЭМИ) самих клеток, их внутриклеточных структур и биологических молекул повлекло к интенсивным разработкам с целью использования ЭМП в практической медицине. В настоящее время целесообразность применения магнитотерапии для нормализации тонуса артериальных и венозных сосудов, стимуляции костно-мозгового кроветворения при различных нарушениях, в том числе вызванных ионизирующим излучением, активации гормонально-метаболических механизмов [4], восстановления функции поврежденных нервов [5, 6] не вызывает сомнения. Также было обнаружено, что как природные, так и синтетические молекулы обладают собственными ЭМП. Наличие ЭМП, характерных для отдельных фармпрепаратов (спазмолитиков, нейролептиков, иммуномодуляторов) [7, 8], позволило получить специфические корректирующие эффекты при использовании только их внешних полей. Таким образом, было создано новое направление – медицинская волновая биоинженерия или фармакомагнитобиология.

Анализ медицинских данных показал также наличие и отрицательных влияний на организм человека ЭМП определенной частоты и напряжения. Широкое применение различных приборов в промышленности, быту привело к исключительно интенсивному электромагнитному загрязнению окружающей среды и реализации их многообразных негативных эффектов [9, 10]. Можно констатировать, что в связи с профессиональной деятельностью человека появился новый, мощный, и вряд ли благоприятный для всего живого, фактор – электромагнитное загрязнение окружающей среды. Электромагнитное загрязнение весьма сложно по структуре, так как осуществляется в большом диапазоне частот и интенсивностей. Кроме того, оно усложняется существующим есте-

ственным ЭМП и наличием других антропогенных загрязнений. Ослабление иммунозащитных механизмов у людей, проживающих в районах экологического неблагополучия, делает их особенно чувствительными к электромагнитному воздействию [10–13].

Все выше изложенное определяет необходимость разработки четких критериев оценки влияния ЭМИ на биологические объекты, что возможно только при условии выяснения их механизмов действия.

Краткая характеристика электромагнитных полей

По современным представлениям физические поля, к которым относятся и ЭМП, представляют собой разновидность материи, отличительной характеристикой которой является отсутствие массы покоя и наличие массы движения [14]. Посредством этой формы материи осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами. ЭМП в зависимости от энергии квантов могут не вызывать или вызывать ионизацию атомов, поэтому в спектре электромагнитных волн выделяют области неионизирующих и ионизирующих излучений. Значительная часть спектра неионизирующих излучений представлена радиоволновым диапазоном от 3–30 Гц ($\lambda=10^8-10^7$ м) до 300–3000 ГГц ($\lambda=10^{-3}-10^{-4}$ м).

Экспериментально выявлено, что неионизирующие ЭМП генерируются токами, изменяющимися по направлению, и характеризуются напряженностью магнитного (H) и электрического (E) полей, формируются и распространяются в виде бегущей волны (колебаний), ослабевающей с расстоянием. Физические причины существования ЭМП обусловлены тем, что изменяющееся во времени электрическое поле порождает магнитное, а изменяющееся магнитное поле – вихревое электрическое. Таким образом, обе компоненты E и H, непрерывно изменяясь, побуждают друг друга. При ускоренном движении заряженных частиц ЭМП “отрываются” от них и существуют независимо в форме электромагнитных волн, характеризующихся частотой и длиной волны. Существуют различные виды электромагнитных волн: низко-, высокочастотные, крайне высокой частоты и т.п [15]. Классификация диапазонов частот электромагнитных волн представлена в таблице.

Вокруг источника ЭМП выделяют 3 зоны: ближнюю или зону индукции, ее радиус равен половине длины электромагнитной волны; промежуточную или зону интерференции; дальнюю или волновую зону, лежащую за пределами радиуса равного 6–7 длинам волн. В зонах индукции и интерференции ЭМП еще не сформировались в виде бегущей волны, поэтому электрическая и магнитная составляющие между собой имеют самые различные соотношения. В волновой зоне электрическая и магнитная составляющие имеют строго определенное соотношение $E=377 H$. Поэтому для длинноволновой части ЭМП, представленной низкими (НЧ, $\lambda=10^4$ м), средними (СЧ, $\lambda=10^3$ м), высокими (ВЧ, $\lambda=10^2$ м) и очень высокими (ОВЧ, $\lambda=10$ м) частотами, оценка эффектов для близко распо-

ложенных объектов осуществляется путем определения величин магнитной и электрической составляющих. Для ЭМП сверхвысокой (СВЧ, $\lambda=10^{-2}$ м) и крайне высокой (КВЧ, $\lambda=10^{-3}$ м) частот оценивается плотность потока энергии ($\text{Вт}/\text{см}^2$, $\text{мВт}/\text{см}^2$, $\text{мкВт}/\text{см}^2$) в зоне действия ЭМИ. Источник, генерирующий излучение и создающий электромагнитные колебания, характеризуется длиной волны [15].

Выявлено, что ЭМП способны взаимодействовать с живыми организмами. Биотропными параметрами ЭМП являются интенсивность, градиент, вектор, частота, форма импульса, экспозиция, локализация [16]. Наука, изучающая эффекты взаимодействия ЭМП с биообъектами, называется магнитобиологией. Сведения о развитии магнитобиологии наиболее полно представлены в работах Ю. А. Холодова [16, 17]. Интенсивно проводившаяся работа в области магнитобиологии привела к рассеиванию всех сомнений относительно биологического действия природных и техногенных ЭМП. Выявилась их активная роль в процессах жизнедеятельности организмов и негативные влияния техногенных ЭМП.

Медико-биологические эффекты электромагнитных полей

Биологические эффекты ЭМП основаны на ответных реакциях организма как целого, так и его отдельных структур, включая молекулярный и квантово-механический уровни. Соответственно, в реакциях на ЭМП различают общие и частные ответы. Среди последних значительный интерес вызывают остро резонансные эффекты биологических молекул и структур организма на ЭМП. ЭМП могут влиять не только на относительно крупные молекулярные образования, но и на молекулы, входящие в их окружение, прежде всего, на молекулы воды.

Роль ЭМП в жизнедеятельности живых организмов. А. Л. Чижевский впервые показал, что ослабление естественного МП укорачивает жизнь крыс [2]. Аналогичный эффект был обнаружен и для других видов живых организмов. Экранирование биологических объектов от геомагнитного поля отрицательно сказывалось и на клеточном делении, и на процессах онтогенеза. Абиогенный синтез аминокислот также требовал наличия МП [16, 17]. Воздействие переменным ЭМП на голову старых крыс через 2–3 месяца приводило к омоложению животных [18]. Было сделано предположение, что ЭМП являются частью среды, необходимой для нормального развития живого организма, то есть, для его онтогенеза. Данные палеонтологии позволили сделать предположение, что ЭМП могут участвовать также и в филогенезе живого, подвергая изменениям видовой состав при периодической конверсии геомагнитного поля Земли [17]. По мнению других ученых смена полюсов в целом не вносила существенных изменений в эволюцию живого, а приводила лишь к вымиранию отдельных видов [1].

Известно, что геомагнитные поля пульсируют в пределах 0,1–100 Гц, а наибольшая амплитуда приходится на более узкий спектр, в пределах 8–16 Гц.

Обращает внимание совпадение этих колебаний ЭМП с диапазоном α -ритма электроэнцефалограммы человека (8–12 Гц). Выявлено, что ЭМП при 10 Гц оказывают наиболее существенное влияние на деятельность мозга.

Анализ всех этих данных позволил сформировать следующие представления.

– Ритмическая активность организма, систем, органов является основой для восприятия внешних ритмических воздействий. Этот постулат положен в основу гипотезы о резонансном действии ЭМП на различные осцилляторы живых систем [1].

– Формирование внутренних ритмов организма в онтогенезе происходит под влиянием и участия ритмов внешней среды, что соответствует очень важному предположению, что жизнь “в значительно большей степени есть явление космическое, чем земное ... создана воздействием творческой энергии космоса, ... живет динамикой этих сил” [2].

– Многообразие ритмов внешней среды привело к формированию в каждой структурной единице организма множества несинхронных активностей, что обеспечивает устойчивость целостного организма к действию ЭМП. Предполагается, что существует иерархия осцилляторов, и именно их системный характер создает основу стабильности и противостояния организма к действию внешних источников колебаний [1].

Терапевтические эффекты ЭМП. ЭМП широко применяются в медицине в качестве терапевтических средств, к которым относятся диатермия, СВЧ- и КВЧ-воздействия [15, 19, 20]. Эффективность применения ЭМП подтверждена наличием большого количества данных о благоприятном влиянии на организм как низко-, так и высокочастотных воздействий.

Низкочастотные ЭМП (НЭМП) оказывают противовоспалительный, вазоактивный, трофический, вазопротекторный и местный анальгетический эффекты. Восстановление нарушенного локального кровотока во многих случаях составляет основу клинической эффективности магнитотерапии. Выраженный гипотензивный эффект НЭМП проявляется в нормализации центральной и периферической гемодинамики, повышении ударного и минутного объемов крови, снижении высокого сопротивления периферических сосудов [21]. Помимо этого, НЭМП вызывают усиление образования рилизинг-факторов в гипоталамусе и тропных гормонов в гипофизе, которые стимулируют функцию надпочечников, щитовидной железы, половых органов и других эндокринных желез [22]. Все эти процессы приводят к благоприятным сдвигам в деятельности сердечно-сосудистой системы, к снижению активности ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, уровня вазоконстрикторного простагландина $F_{2\alpha}$, компенсаторному повышению концентрации серотонина в плазме крови [21]. В целом, данные процессы расширяют приспособительные возможности организма, повышают его резистентность к физическим нагрузкам.

Применение в медицине высокочастотных ЭМП (ВЭМП) также достаточно широко и обусловлено их эффектами: миорелаксационным, вазодилататорным, противовоспалительным, иммунозащитным и антистрессорным, повыше-

нием неспецифической резистентности организма [15, 19, 22, 23]. Воздействие ВЭМП приводит к изменению активности гормон-связывающих белков, увеличению концентрации в крови свободных молекул катехоламинов, глюкокортикоидов, тироксина, стимулированию синтеза антикоагулянтов, антиоксидантов, кальциевого обмена, аккумулирующей способности остеокластов, трофики облучаемых тканей, эпителизации ран, толерантности к физическим нагрузкам, снижению развития иммунных реакций, стимулированию тормозных процессов в ЦНС [15, 22–27].

В последние годы значительное внимание уделяется эффектам ЭМП миллиметрового диапазона [28, 29]. Механизмы их действия на биологические объекты интенсивно изучаются. Миллиметровые излучения внеземного происхождения поглощаются атмосферой и не являются фактором среды, способным повлиять на жизнедеятельность живых систем. Используемые в экспериментах КВЧ-излучения генерируются вакуумными и полупроводниковыми генераторами. В ряде экспериментальных работ были получены результаты, открывающие возможности использования КВЧ-эффектов в терапии [29, 30]. Выявлено, что эти излучения оказывают специфическое (остро резонансное) лечебное влияние. Применение КВЧ-излучений в терапевтических целях свидетельствует, что мм-волны могут играть активную роль в процессах жизнедеятельности и восстановлении функций пораженных органов. Экспериментально доказана возможность протекторного действия КВЧ-излучений на кроветворную систему животных, подвергнутых рентгеновскому облучению, на развитие опухолей.

В случаях уменьшения степени когерентности генерируемых клетками организма волн, что отмечается при старении, необратимых патологических состояниях, соответственно, снижаются возможности и эффективность управления процессами жизнедеятельности КВЧ-излучениями. Их терапевтические эффекты растягиваются во времени. Отмечается сложность и неоднозначность биологических эффектов ЭМП КВЧ, многообразие форм их проявления. Характер наблюдаемых эффектов определяется как физическими параметрами излучения, так и параметрами функциональных систем организма и его видовой принадлежностью. Внешние ЭМИ КВЧ диапазона, активируя в клетках собственные, аналогичной частоты излучения, могут вызывать не только положительные, но и отрицательные по биологической значимости эффекты.

Негативные влияния ЭМП на живой организм. Здоровый организм, как правило, достаточно устойчив к действию неблагоприятных естественных (геомагнитных бурь) и техногенных ЭМП, только длительные и часто повторяющиеся ЭМИ способны вызывать заметные нарушения функции организма [16]. Первые сведения об отрицательных эффектах техногенных ЭМИ были получены при обследовании работников радиоэлектронной промышленности, которые жаловались на раздражительность, головную боль, плаксивость, а также боль в суставах, костях, мышцах, появление шума в ушах, пелены перед глазами. Действие ЭМП на ЦНС проявлялось также в ощущениях радиозвука, магнитосфена, покалывания, зуда, ползания мурашек. Было обнаружено снижение чувствительности человека к другим раздражителям, изменение элек-

трической активности мозга, нарушение процессов формирования навыков, памяти, условно-рефлекторной деятельности [31, 32].

Выявлено прямое действие ЭМИ на гемато-энцефалический барьер, мембраны глиальных клеток и нейронов, ультраструктуру рецепторов для нейрогормональных эффекторов, обнаружены изменения концентрации ряда медиаторов, в том числе ГАМК, глутамата и ацетилхолина, что указывает на вовлечение системных нейрогормональных реакций [31–35]. Описаны электрофизиологические и психофизиологические реакции человека на действие ЭМП, которые можно отнести к синдрому хронической депрессии, болезни Паркинсона [31–34, 36]. Не исключается возможность направленного влияния ЭМП разных параметров на отдельные функции ЦНС и других органов. Нейропсихолог Д. Джозефсон выявил растормаживающие эффекты ЭМП на выработку навыков у крыс [16].

Таким образом, анализ литературных данных свидетельствует о возможности негативного влияния ЭМП на нервную систему, провоцирующего развитие психических расстройств [36–38]. Чувствительными (критическими) системами живых организмов к действию ЭМП являются не только нервная, но и иммунная, эндокринная, сердечно-сосудистая, пищеварительная системы, половые органы. Изменение их функций предопределяет неблагоприятные эффекты ЭМП в целом. В организме человека, в ряде случаев, эффекты ЭМИ часто не имеют специфических клинических проявлений и характеризуются полисиндромностью, развитием астенических состояний и вегетативных расстройств [16, 39]. Предполагается не столь энергетический, сколь информационный механизм воздействия ЭМП малых интенсивностей на организм человека [1, 29, 40].

Несмотря на неспецифичность многих эффектов ЭМИ было выделено самостоятельное заболевание, названное радиоволновой болезнью [41]. Клиническая картина данного заболевания проявляется изменениями, в основном, функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. При этом нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы проявляются, как правило, в виде нейроциркуляторной дистонии: лабильность пульса и артериального давления, склонность к гипотонии, боли в области сердца [42]. Описанные расстройства являются довольно стойкими, но проходят после прекращения контакта с источником ЭМП в течение 1–2 месяцев. В дальнейшем, при повторном контакте с ЭМП, данные нарушения могут вновь возникать, причем в более выраженной степени и иногда приводить к летальному исходу. По некоторым данным значительная часть случаев инфаркта миокарда в крупных городах вызвана "скачками" мощных низкочастотных техногенных ЭМП [10, 43]. В экспериментах на животных было обнаружено, что излучение мм-диапазона (53–78 ГГц) вызывает аритмию сердца, а после трехчасовой экспозиции при 55,73 и 73 ГГц в 25% случаев отмечалась гибель подопытных крыс [44]. Воздействие ЭМП, существенно изменяя процессы иммуногенеза, нарушает характер инфекционного процесса, отягощая его течение [45]. Выраженность нарушений в иммунной системе организма в значительной степени зависит от интенсивности, продолжительности облучения и частотных характеристик ЭМП:

НЭМП приводят к повышению иммунитета, а ВЭМП могут вызывать развитие аутоиммунных реакций [46–48].

Отмечена связь электромагнитного загрязнения с рисками развития злокачественных опухолей и появления врожденных пороков развития [49, 50]. Однако, отсутствие четких данных о дозовой зависимости влияния ЭМП на канцерогенез, позволило предположить, что они скорее всего являются промоторм, а не инициатором раковых заболеваний, вызываемых вирусами, пестицидами, химическими, физическими и биологическими агентами. Описаны состояния повышенной чувствительности и кумуляции электромагнитных эффектов у эмбрионов и детей [50]. Существуют данные о мутагенном действии некоторых техногенных ЭМИ.

Существует и другая точка зрения, обоснованная проведенными в течение длительного времени наблюдениями (15–20 лет), согласно которым патологические эффекты обнаруживаются только при использовании больших доз ЭМИ. При небольших интенсивностях ЭМП значительных патологических изменений в организме человека не обнаруживается [51, 52].

В целом, результаты экспериментальных и эпидемиологических исследований указывают на то, что ВЭМП и НЭМП вызывают разнообразные и неоднородные по своей значимости изменения функционального состояния органов и систем. Механизм реализации неблагоприятного биологического воздействия ЭМП в самом организме связан, в первую очередь, с перенапряжением высших центров вегетативной регуляции, следствием чего является истощение функциональных адаптивных механизмов организма и ослабление его устойчивости к дополнительным внешним воздействиям [13]. Ведущую роль при этом играет переход на более напряженный, энергетически невыгодный режим функционирования, опосредуемый главным звеном срочной адаптации – симпатoadреналовой системой, что способствует последующему уменьшению ее реактивности. Утрата лабильности и пластичности приспособительных механизмов означает снижение динамичности, то есть полноценности жизнеобеспечения, что проявляется в виде нарушения общего состояния организма [11, 13, 39]. Выраженность данных нарушений в значительной мере определяется интенсивностью, частотой ЭМП и длительностью его воздействия.

Механизмы влияния электромагнитных полей на биообъекты

Существует множество гипотез, позволяющих в той или иной мере интерпретировать эффекты воздействия ЭМП на живой организм. На их основе сформировались многогранные представления о механизмах действия ЭМП на живые организмы, благодаря биологическим, физико-химическим, квантово-механическим и системно-кибернетическим подходам. Несмотря на существование множества точек зрения на эту проблему, большинство исследователей едины в главном: ЭМП влияют, прежде всего, на физико-химические структуры или процессы, а через них – на направленность биохимических реакций в организме.

Первые гипотезы о механизмах действия ЭМП на биообъекты основывались на предположениях о существовании в организме структур, имеющих в своем составе отложения магнитного материала, в частности железа, для которых было предложено обобщенное название – магнетиты. Предполагалось, что магнетит входит в состав магниторецептора, который преобразует сигнал магнитной природы за счет изменения упорядоченности магнитных частиц в нервный импульс. Очень многие структуры и органы были подвергнуты тщательному анализу на наличие остаточной намагниченности для обоснования идеи о магниторецепторах [53]. Однако критический анализ показал, что большинство физиологических реакций организма на МП не связаны с магниторецепторами такого рода.

В аспекте развития идей о магниторецепции в дальнейшем было предпринято изучение возможностей восприятия МП другими структурами организма. Наибольшее внимание уделялось исследованиям ионов, радикалов, молекул, обладающих дипольным моментом и способных переориентироваться в МП, а также молекулярных и надмолекулярных структур с жидко-кристаллическими свойствами (белки, нуклеопротеиды, фосфолипиды и мембраны) в качестве акцепторов ЭМП [54, 55]. На основании многочисленных исследований *in vitro* были описаны эффекты МП на указанные структуры, отнесенные затем к ряду прямых и опосредованных.

К прямым эффектам отнесли явления поляризации электронов и ядер, изменения спинов электронов, ядер, радикалов, позволяющие снимать спиновые запреты, преобразовывать течение химических и биохимических реакций не только на энергетической, но и на спиновой основе [56]; индуцированную переориентацию молекул и макромолекул, определяющую их реакционную способность и проницаемость биологических мембран [57]; резонансные явления в биологических осцилляторах при действии магнитных полей малой напряженности [1, 28, 29]; колебания, вращения и перемещения макромолекул и их комплексов в переменных полях высокой частоты, приводящие к значительному разогреву субстрата [19, 20, 58]; магнитогидродинамические эффекты [27]. В последние годы была доказана способность одного из видов ЭМП – торсионных, влиять на спин материи [59].

К опосредованным отнесли эффекты токов, возникающих в тканях при модуляциях напряженности поля, а также изменения свойств воды, водных растворов, обуславливающие увеличение скорости перемещения свободных зарядов и, следовательно, течения химических реакций [60, 61].

Необходимо отметить, что разделение эффектов МП на прямые и опосредованные не позволило дать объяснение даже элементарным биологическим ответам, возникающим на системном, организменном уровне, где они могли не только полностью сводиться на нет, но и инвертироваться [56, 62]. Поэтому при характеристике ответных реакций целостного организма попытались учитывать способы восприятия МП организмом [63]. Первый из них определялся чувствительностью рецепторов сенсорных полей, второй – энергетическими, а третий – информационными процессами.

Наименьшая интенсивность ответа отмечалась при исследовании чувствительности к ЭМИ сенсорных полей. Для этого вида восприятия важными параметрами ЭМП, помимо интенсивности, явились частотно-временные характеристики, форма импульсов. При этом адекватная реакция сенсора на внешнее поле наблюдалась лишь в том случае, когда интенсивность воздействия и частотно-временные параметры внешнего фактора приходились на область наилучшего сенсорного восприятия.

Энергетическое (термическое) действие ЭМП, обусловленное, в основном, усилением колебательных и вращательных процессов в облучаемом веществе, было достаточно хорошо изучено и нашло широкое применение как в медицине, так и при некоторых технологических процессах [19, 20, 22]. Энергетическое влияние графически отображается прямой или логарифмической зависимостью между интенсивностью воздействия и величиной эффекта [28]. Эффекты ЭМИ могут проявляться и при сверхмалых интенсивностях полей, когда нагрев не является определяющим или вообще становится невозможным [28, 29]. При этом не соблюдаются прямо пропорциональные отношения между величиной воздействия и ответом, а выявляются резонансные и остро резонансные эффекты. Для интерпретации такого рода данных наиболее подходящими могут быть представления об энерго-информационном взаимодействии ЭМП с живыми организмами. Авторы этой гипотезы предполагают, что действие ЭМП на организм может осуществляться через элементы и структуры, обладающие собственными МП, образовавшимися в результате перемещения электронов в атомах и молекулах биологических объектов по принципу “поле на поле”. Таким образом, рецепцию МП в организме связывают не только с материей в форме вещества, но и с материей в форме поля, при этом ответные реакции объясняют специфическими закономерностями информационных процессов, характерных для сложно организованных саморегулирующихся систем [1].

Вывод о возможности передачи информации на основе взаимодействия полей в живых системах не единичен. В 1932 г. академик А.А.Ухтомский в статье “К 15-летию советской физиологии” отметил факт индукции электрического поля при передаче нервного импульса [64]. Это позволило ему постулировать возможность передачи информации не только синаптическим (контактным) путем, но и эфепатическим, посредством электрических полей.

Вместе с тем, закономерности, которые проявляются в информационных системах и раскрывают сущность процессов восприятия, трансляции, запоминания, сброса и перевода информации, по своей сути не могли быть описаны с позиций известных на то время законов химии и физики. Для дальнейшего продвижения научной мысли в этом направлении сначала потребовалось доказать существование ЭМП в живом организме. Биоманнитные поля организма, создаваемые биотоками и структурами, обладающими дипольным моментом, удалось зарегистрировать. Создатели первых датчиков, позволивших обнаружить очень слабые МП биообъектов, использовали широко известный эффект наведения МП электрического тока в витке провода. Учитывая, что величина тока зависит от интенсивности поля и числа витков провода, для регистрации биополей использовали датчики, число витков провода в которых достигало

миллиона. Позже было обнаружено, что между двумя сверхпроводниками, разделенными тонким слоем диэлектрика, возникает электрический ток, параметры которого в значительной мере зависят от окружающего МП. Этот принцип и был положен в основу разработок сверхпроводниковых квантово-механических интерференционных датчиков (СКВИДов), чувствительность которых достигала величины 10^{-14} Тл. В настоящее время наибольшую перспективу для использования имеют квантовые магнитометры с оптической накачкой [16].

Технический прогресс позволил сделать ряд открытий в области магнито-биологии. Было доказано использование ЭМП для общения, локализации и ориентации во внешней среде представителями животного мира [16], зарегистрированы, так называемые, ауральные поля (аура-воздух) различных биообъектов и человека [65]. Оказалось, что биологические ЭМП ничем не отличаются по своим характеристикам от ЭМП, создаваемых техническими генераторами, то есть имеют электрическую и магнитную составляющие и способны информационно взаимодействовать с внешними ЭМП.

Сущность информационного взаимодействия раскрывается на основе закономерностей, установленных кибернетикой [66]. Первоначальными объектами исследования этой науки были биологические объекты, поскольку ее цели состояли в воплощении принципов функционирования живых организмов в технике. Установленные кибернетикой закономерности процессов саморегуляции в биосистемах позволили с иных позиций рассмотреть ряд проявлений жизни, в частности, показать, что системность живых организмов складывается на основе простейшего звена – управляющего и управляемого. Сложность организации обусловлена иерархией, соподчинением управляющих систем. Связи, устанавливаемые между ними, не имеют химической природы, а относятся к информационным. Между управляющей и управляемой системами устанавливаются прямые и обратные связи, последние могут быть отрицательными (ООС) и положительными (ПОС). ООС определяют сохранение параметров или их поддержание на новом уровне, а ПОС – их увеличение. Гомеостаз организма регулируется с помощью ООС, а процессы роста, развития, усложнения – определяются ПОС и приводят к накоплению внутренней информации в системе.

Таким образом, принципы управления основаны на информационных процессах, при которых внешние воздействия являются сигналами для создания целесообразного в данной ситуации алгоритма для осуществления того или иного процесса в системе, то есть цепочки последовательных операций, совершаемых со структурами объекта управления. Следовательно, в информационных системах все химические и физические процессы осуществляются на основе информационных. Важнейшей особенностью информационных процессов является их главенствующая роль по отношению к материальным и энергетическим явлениям, происходящим в сложных системах. Информационные процессы определяют инициацию или прекращение того или иного процесса, направление и скорость реакций, упорядочивание или разупорядочивание структур, усложнение или упрощение организации, кумулятивные эффекты и т.п. В информационных процессах различают сигнальное восприятие информации, ее трансляцию, переработку, сброс или уничтожение, хранение и перевод

на другие системные уровни. Все эти операции по своей сути отличаются от любых химических и физических явлений и не могут подчиняться тем законам, которые определяют развитие того или иного физического или химического процесса, поскольку информация не является ни веществом, ни энергией [66]. В таких сложных, информационных системах могут совершаться самые невероятные, с точки зрения законов физики и химии, процессы. Управление материальными и энергетическими процессами в таких системах осуществляется потому, что содержание информации имеет материальный носитель. Материя, как известно, может проявляться как в форме вещества, так и в форме поля и, соответственно, та и другая из них могут служить носителями сигнальной информации для сложных, саморегулирующихся систем. ЭМП и МП относятся к проявлениям материи в форме поля. Применение информационного подхода позволяет понять, что реализация эффектов электромагнитных воздействий в организме может осуществляться вследствие перекодирования информации с одного материального носителя (в форме поля) на другой (в форме вещества).

Содержание информации должно извлекаться самой биологической системой и использоваться с определенной целью: для сохранения, совершенствования, саморазвития системы, поддержания гомеостаза или установления его нового уровня при изменении условий существования. Целесообразность процессов в живом организме определяется наличием цели существования живого вообще. Вернадский В. И. считал, что живое на Земле выполняет функцию преобразования косного вещества на негэнтропийной основе, путем увеличения запасов внутренней энергии в системе, создания и усложнения биоструктур за счет разрушения неживого [67]. В тоже время живое стремится к повышению жизнеспособности окружающей среды, то есть к негэнтропийным ее преобразованиям, что приводит к установлению равновесия между негэнтропийными и энтропийными процессами на вещественном уровне. Прогрессивное развитие живого возможно в том случае, если это равновесие будет нарушено. Это становится возможным, когда живые организмы в качестве носителя сигнальной информации для достижения целей своего существования будут использовать и материю в форме поля, для которой не существуют пространственно-временных или энтропийных ограничений. Использование в качестве носителя сигнальной информации ЭМП и МП позволяет живому расширить среду обитания. Важно отметить, что ни энергетические, ни какие-либо иные качества материального носителя не имеют значения для содержательного характера информации, извлекаемой живым организмом [28, 29]. Таким образом, природные ЭМП являются жизненно необходимыми для организмов, и практически весь их спектр, включая КВЧ и постоянные МП, может использоваться в биосистемах.

Какие информационные процессы лежат в основе неблагоприятных влияний техногенных ЭМП? Для обеспечения взаимодействия со средой живые системы стремятся к расширению спектра воспринимаемой информации, что может происходить только при условии увеличения запасов внутренней информации. Как мы указывали, главную функцию в процессах развития, усложнения, а, следовательно, и накопления информации в системе, выполняют ПОС. Одна-

ко эти же связи могут вызвать и развитие патологических процессов по механизму порочного круга, когда нарушается их взаимосвязь с ООС. Нарушение межсистемных отношений происходит, когда возникает избыточное накопление внутренней информации в управляющих системах, особенно, в иерархически главных. Такие явления чаще всего реализуются при значительных, либо часто повторяющихся воздействиях, характерных для техногенных ЭПМ. В результате этих явлений в системе происходит избыточное накопление информации, нарушается оперативность процессов управления, что приводит к замедлению и нарушению межсистемных связей, а в крайнем случае – к гибели организма. То есть, гибель системы определяется разрушением не отдельных ее частей, а межсистемных связей [68]. При этом увеличивается вероятность неопластических перерождений клеток из-за смены иерархичности управления и повышения чувствительности всей системы, находящейся в состоянии напряжения из-за избытка информации, к действию любых патогенных факторов.

Исходя из выше изложенного, можно предположить, что реабилитационные мероприятия, например, при радиоволновой болезни, должны опираться на процессы, определяющие уничтожение избытка информации в системах, а также усиливающие межсистемные связи. Поскольку накопление информации реализуется на структурном уровне организма в виде количественных изменений, то курсы лечебного голодания, возможно, будут способствовать разрушению излишних структур и, следовательно, записанной на них негативной информации. Также экспериментально показано, что усиление информационных процессов в организме можно достигнуть погружением в анабиоз [28]. Можно предположить, что сеансы КВЧ-терапии или торсионных полей, осуществляемые в условиях гипотермии или гипоксии, могут быть полезными при лечении онкологических и радиоволновых заболеваний.

Сигнально-информационный механизм используется живыми организмами не только для связи с внешней средой и другими биообъектами, но и для внутрисистемного общения. Общеизвестна сигнальная функция биологически активных молекул: нейротрансмиттеров, некоторых ионов, продуктов обмена и др. Сигналами “внутреннего пользования” также могут быть и ЭМП. Эта функция ЭМП наиболее четко прослежена при изучении механизмов терапевтических эффектов техногенных КВЧ-излучений [28, 29]. Известно, что энергия КВЧ-излучений составляет всего $1,17 \cdot 10^{-3}$ эВ, что меньше энергии теплового движения атомов, энергии водородной связи, и она не способна достигнуть чувствительных структур организма, даже кожного покрова. В то же время доказаны терапевтические эффекты воздействия мм-излучений на организм [29].

Дальнейшие исследования позволили обнаружить генерацию когерентных излучений нетепловой интенсивности самими структурами организма. В диапазон мм-излучений вписываются акустические и электроакустические волны, которые генерируются биоструктурами при действии неблагоприятных факторов и используются живыми организмами для внутренних связей, управления, поддержания гомеостаза в новых условиях существования. Эффективность КВЧ-терапии обусловлена тем, что частотные характеристики экзогенных акустических волн являются сигналом для формирования в резонансных системах

клетки подструктур, которые начинают сами генерировать в навязанном режиме волны, корректирующие нарушения. Нормализация гомеостаза является сигналом для распада этих структур. В практически здоровом организме КВЧ-излучения не вызывают изменений, но могут выполнять и другую функцию – повышать (при многократном повторении) неспецифическую устойчивость организма. В тех случаях, когда нарушается обратная связь, адаптация может переходить в дезадаптацию и стимулировать патологические изменения. Опосредованные КВЧ-излучениями перестройки в структурах организма могут сохраняться, накапливаться и даже передаваться из поколения в поколение, – до сотни поколений клеток, что указывает на возможность изменения генетического материала под воздействием ЭМИ. Показано, что структуры ДНК способны резонировать в микроволновом диапазоне на частотах, находящихся вблизи 40 ГГц [69]. Сама ДНК имеет дуальную структуру – биохимическую и волновую, и благодаря последней, вероятно, осуществляется восприятие электромагнитных колебаний и управление геномом [70, 71].

Источником колебаний радиочастотного диапазона могут быть не только биологические структуры, но и некоторые реакции, проходящие с участием радикалов [72]. В определенных условиях эти реакции могут вести себя как молекулярные квантовые генераторы (мазеры). Эти данные позволяют с иных позиций оценивать регуляторные возможности биологических молекул радикальной природы и процессов, протекающих с их участием.

Долгое время оставался открытым вопрос, каким образом в биологических системах удается передавать без существенных потерь столь низко интенсивные волновые сигналы? Не ясно было, по каким причинам мм-излучения, во-первых, способны вызывать биологические эффекты в органах, значительно удаленных от места облучения; во-вторых, производить неоднозначные эффекты в различных областях тела. Не удавалось объяснить целесообразность существования наиболее чувствительных областей к действию ЭМИ: зон Захарьина-Геда и некоторых точек акупунктуры. Кроме того, одинаковый эффект может быть достигнут при локальном облучении разных областей тела. При действии мм-излучений часто обнаруживаются остро резонансные эффекты в определенных структурах организма. Все это указывает на сигнально-информационный характер восприятия мм-волн. Содержание информационного сигнала может быть записано на любом материальном носителе. ЭМП представляют собой проявление материи в виде поля, определенные характеристики которого (частота, градиент, вектор, форма импульса и др.) могут иметь сигнальную (содержательную) значимость для биологического объекта и восприниматься по принципу “поле на поле”. Это предполагает структурированность и сложную организацию биологических полей организма. Информация с одного материального носителя (в форме поля) затем перекодируется на другой материальный носитель (в форме вещества). На основании данных представлений решается и проблема рецепции МП и ЭМП живыми объектами [1].

Сигнальная информация не только принимается сложной системой, но и транслируется, перерабатывается (сравнивается с уже имеющейся, записывается в память, стирается) или реализуется на основе созданного целевого алго-

ритма – цепочки последовательных операций, совершаемых в организме. Какие материальные носители могут служить для трансляции сигнальной информации МП? Существует несколько представлений о способах трансляции информации при действии МП на организм.

Интерес представляют данные о роли воды и водных растворов в сохранении (запоминании) и передаче эффектов МП на биообъект и внутри его. Обнаружено, что молекулы воды, которые обладают дипольным моментом, способны к изменению пространственной ориентации под воздействием ЭМП и созданию структурных конгломератов. Специфическому структурированию воды в МП способствуют находящиеся в ней ионы двухвалентных металлов, особенно Ca^{2+} , размеры которых наиболее соответствуют полости создаваемого в ЭМП гексааквакомплекса. Эти комплексы можно разрушить кипячением, то есть, усилением тепловых перемещений молекул, а также добавлением в раствор веществ, связывающих Ca^{2+} , а в клетках – препаратами, блокирующими Ca^{2+} -каналы [73, 74].

Формирование аквакомплексов (кларатных структур) под воздействием МП, приводит к образованию больших метастабильных образований, свойства которых значительно отличаются от свойств молекул, входящих в их состав [75–77]. Эффекты МП, зафиксированные структурированной водной средой, могут переноситься на другой материальный носитель, например биообъекты, следующим образом. Водные отображения кларатных структур, обладающие способностью к фрактальному росту, то есть в постоянно увеличивающихся масштабах повторяют первичную структурную архитектуру, могут быть считаны акустическими полями живых организмов в соответствии с условиями: чем больше масштаб, тем ниже частоты считывающих полей биоструктур [70]. Эти свойства воды позволяют использовать ее в качестве переносчика как внешней, так и внутренней сигнальной информации, расширяют наши представления о роли свободной и связанной воды в управлении метаболическими процессами в клетке.

Еще одним претендентом на роль переносчика информации являются солитоны – уединенные волны. Они перемещаются со скоростью меньшей, чем скорость звука и не затрачивают энергию на излучение, совмещая, таким образом, свойства волны и частицы. Это определяет достаточно продолжительное время жизни солитонов, что делает их идеальными переносчиками информации. Гипотеза о существовании в биологических структурах солитонов нашла экспериментальное подтверждение [78, 79]. Простейшим примером передачи информации на основе солитонов может быть прохождение импульса по нервному волокну. Удалось также показать, что в α -спиральных одномерных структурах белков, в молекулах ДНК и РНК действительно возможны коллективные возбужденные состояния в виде солитонов [80]. Подтвердилась также идея о возможности образования биоструктур с гигантским дипольным моментом, обладающих кооперативными свойствами и реализующих эффекты коллективного возбужденного состояния, подобно когерентным возбуждениям лазера. Это также позволило усмотреть информационную значимость для живого организма этих видов излучений.

Все выше изложенное подводит к восприятию живого как единства двух разновидностей материи: одной – в форме поля и другой – в форме вещества. Следует отметить, что материя в форме поля является преобладающей во Вселенной и на ее долю приходится 98% от общего содержания материи, тогда как на вещество – только 2% [81]. Кроме того, использование в качестве носителя информации материи в форме поля позволяет успешно решать негэнтропийные задачи, возникающие при построении структур живого. Жизнь в целом представляет собой объединенные потоки двух форм материи, энергии и информации. Причем потоку материи, существующему в форме поля, отводится ведущая роль по отношению к потоку вещества, структурирование и преобразование которого совершается на основе сигнальной информации, поступающей от материального потока в форме поля. Именно на ее базе строятся вторичные, макромолекулярные структуры живого, создаются условия для их развития и самосовершенствования. Даже в эволюции живых организмов материя в форме поля остается ведущей. Не отрицается возможность взаимодействия этих материальных форм в организме на основе обратных связей. Нарушение информационной взаимосвязи между этими двумя формами материи, вероятно, способно изменить устойчивость целостной системы, привести к старению, развитию патологических состояний, включая неопластические перерождения клеток.

Электромагнитная среда по своей полевой природе не только жизненно необходима, но и является первостепенным, иерархически главным уровнем управления, подчиняющим своему влиянию все остальные, а роль ЭМП состоит в передаче информации из внешней среды в организм и внутри него. Функция восприятия, передачи, преобразования и хранения эффектов ЭМП принадлежит электромагнитным системам организма. Информация с полевого уровня может перекодироваться и реализовываться на уровне вещественных структур организма. ЭМП техногенного происхождения могут имитировать природные и биогенные поля, оказывая терапевтические воздействия на организм. В то же время они могут являться источником ненужной информации, привести к ее накоплению, последующему нарушению межсистемных связей, и, в конечном итоге, определить развитие патологических процессов в организме. Представления об информационной основе управления в живых организмах открывают перспективы разработки стратегии вмешательства в развитие сложных систем, переход от управления отдельными их частями к управлению целостным организмом с помощью ЭМП.

Литература

1. К а з н а ч е е в В. П., М и х а й л о в а Л. П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск, 1985.
2. Ч и ж е в с к и й Н. В. Земное эхо солнечных бурь. Москва, 1973.
3. Б е л и ш е в а Н. К., П о п о в А. Н. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп., 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С. 121–122.

4. Счастны́й С. А., Щукин С. И., Рослы́й И. М. и др. // Вестник Росс. Академии мед. наук. 1996. № 5. С. 51–54.
5. Колосова Л. И., Акоев Т. Н., Рябчикова О. В., Авелев В. Д. // Росс. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 1996. Т. 82, № 2. С. 85–.
6. Дудкин А. О., Замураев И. Н. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп., 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С. 129–130.
7. Будаговский А. В. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп., 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С.125–126.
8. Чернов В. Н., Каменев Ю. Ф., Батленов Н. Д. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп., 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С.145–146.
9. Григорьев Ю. Г. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп., 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С. 127.
10. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России: Серия докладов по политике в области охраны здоровья населения. Москва, 1997. № 4.
11. Посохин В. В. Мониторинг здоровья населения в зонах влияния электромагнитных полей СВЧ-диапазона: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: 03.00.16., 14.00.13. / Всерос. центр эколог. медицины, Санкт-Петербург. НИИ гигиены труда и профзаболеваний. СПб., 1995. 24 с.
12. Думанский В. Ю. Гигиеническая оценка действия ионизирующего излучения (Cs-137) и магнитного поля промышленной частоты: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.02.01. / Укр. науч. гигиен. центр. Киев, 1999. 19 с.
13. Соколов В. Е., Попова М. Ф. // Успехи современной биологии. 1981. № 91. Вып. 1. С. 90–98.
14. Вавилов С. И. Глаз и Солнце. Москва, 1982.
15. Системы комплексной электромагнитотерапии / Под ред. А. М. Беркутова, В. И. Жулева, Г. А. Кураева, Е. М. Прошина. Москва, 2000.
16. Холодов Ю. А. Мозг в электромагнитных полях. Москва, 1982.
17. Холодов Ю. А. Минутя органы чувств? Москва, 1991.
18. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. А. Адаптационные реакции и резистентность организма. Ростов-на-Дону, 1979.
19. Лукьяница В. В. Магнитное поле, его характеристика, влияние на биологические объекты и использование в медицине. Минск, 1994.
20. Lightwood R. // J. Biomed. Eug. 1989. Vol. 11, N 5. P. 429–436.
21. Рыболовлев Е. В. Магнитопунктура переменным магнитным полем в лечении и реабилитации больных гипертонической болезнью, возможности ее сочетанного применения с бромйодной бальнеотерапией и при других заболеваниях: Автореф. дис. ...док-ра мед. наук: (Клинико-эксперим. исследование): 14.00.05., 14.00.34. / Перм. гос. мед. ин-т. Пермь, 1990. 32 с.
22. Боголюбов В. М., Пономаренко Г. Н. Общая физиотерапия. Санкт-Петербург, 1998.

23. Платошкин Э. Н., Гоголева Л. Н. // Реабилитация больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями в Республике Беларусь (Тез. докл. общ-ва кардиол., 1997). Витебск, 1997. С. 113.
24. Myers R. // Neuroscience Behavioral Rev. 1981. Vol. 5. P. 503–504.
25. Яшин А. А. // Вестник новых мед. технологий. 1999. Т. 6, № 2. С. 18–24.
26. Паршина С. С. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на функциональное состояние системы гемостаза у больных стенокардией: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.00.06., 14.00.17. / Саратов. гос. мед. ун-т. Саратов, 1994. 28 с.
27. Карченова Е. В. Влияние немедикаментозных методов лечения на функциональную активность сосудистой стенки и реологические свойства крови у больных стенокардией высоких градаций: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: Автореф. дис. ...канд. мед. наук: 14.00.06., 14.00.17. / Саратов. гос. мед. ун-т. Саратов, 1998. 27 с.
28. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. ММ-волны и их роль в процессах жизнедеятельности. Москва, 1991.
29. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн. Москва, 1994.
30. Субботина Т. И., Яшин А. А. Основы теоретической и экспериментальной биофизики для реализации высокочастотной электромагнитной терапии. Тула, 2001.
31. Холодов Ю. А. / Проблемы электромагнитной безопасности человека. Фундаментальные и прикладные исследования (Сб. науч. тр.). Москва, 1996. С. 37–40.
32. Холодов Ю. А. Влияние магнитных полей на биологические объекты. Москва, 1971.
33. Холодов Ю. А., Лебедева Н. Н. Реакция нервной системы человека на электромагнитные поля. Москва, 1991.
34. Kholodov Yu. Biological effects of electric and magnetic fields / In: Nonionizing Radiation and Neuroscience. USA, 1994.
35. Volshakov M., Alekseev S. // J. Bioelectromagnetics. 1992. N 13. P. 119–129.
36. Гордон З.В. // О биологическом действии ЭМП радиочастот. Москва, 1996. С. 7–14.
37. Попович Б. М., Козьрин И. П. // Врачебное дело. 1977. № 6. С. 128–131.
38. Суворов Н. Б., Медведева М. В., Василевский Н. Н. // Радиобиология. 1987. Вып 5. С. 674–679.
39. Vonhompe – Faivre L., Marion S., Auclair H. et al. // BEMS (Annual. Meeting, 17). 1995. P. 178–179.
40. Чарская И. Л. Влияние электромагнитных полей на биологические системы. Йошкар-Ола, 1996.

41. С а д ч и к о в а М. Н., Г л о т о в а Х. В. / Труды лабораторий электромагнитных полей радиочастот института гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР. 1973. Вып. 4. С. 43–48.
42. Г е м б и ц к и й Е. Б. // Принципы и критерии оценки биологического действия радиоволн (Тез. докл. междунар. симп., 24–25 мая, 1973). Ленинград, 1973. С. 67–68.
43. S c h m i t t Н. J. Der Mensch in electromagnetischen Feld. Berlin, 1982.
44. П о т е х и н а И. Л., А к о е в Г. Н., Е н и н Л. Д., О л е й н е р В. Д. // Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 1992. Т. 79, № 1. С. 35–40.
45. К о с о в а И. П., Д о р о г у н В. И. / Гигиеническая оценка и биологическое действие прерывистых микроволновых облучений (Сб. науч. тр. НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР). Москва, 1983. С. 93–96.
46. Ш а н д а л а М. Г., В и н о г р а д о в Г. И., Р у д н е в М. И. и др. // Гигиена и санитария. 1985. № 7. С. 32–35.
47. Ш а н д а л а М. Г., В и н о г р а д о в Г. И., Р у д н е в М. И. // Радиобиология. 1983. Вып. 4. С. 544–546.
48. С в е т л о в а С. Ю. // Вестник новых мед. технологий. 2001. Т. 8, № 1. С. 43–44.
49. С и д о р е н к о Г. И., В а ш к о в а В. В., М о ж а е в Е. А. // Гигиена и санитария. 1999. № 2. С. 59–62.
50. В о л ы н с к и й А. М. / Проблемы космической биологии. Москва, 1982. Т. 43. С. 98–108.
51. D j o r d j e v i c Z., K o l a k A., D j o k o v i c V. et al. // J. Aviaat. Spac. Environment. Med. 1983. N 6. P. 539–542.
52. R u p p e J., E g g e r t S., H e n t s e h e l K. Biologische Wirkungen neiderfrequenter Felder. Muenchen, 1996.
53. Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомагнетизме: В 2 т. / Под ред. Дж. Киривинка; Пер. с англ. под ред. В. А. Троицкой, Ю. А. Холодова.. Москва, 1989.
54. B l a c k m a n C. F., B a n e n e S. G., R a b i n o w i c h J. R. // Bioelectromagnetics. 1985. Vol. 6, N 4. P. 327–337.
55. C h o M. R., T h a t t e H. S., S i l v a M. T., G o l a n D. E. // FASEB. 1999. Vol. 13, N 6. P. 677–683.
56. Б и н г В. Н. // Биофизика. 1995. Т. 40, № 3. С. 677–691.
57. Л о г и н о в В. А. Распределение зарядов в биологических мембранах как регуляторный фактор транспорта катионов в норме, при гипертонической болезни и воздействии электромагнитного излучения: Автореф. дис. ...д-ра мед. наук: 14.00.32. / Ин-т мед.-биол. пробл. Москва, 1992. 52 с.
58. E n g s t r o m S., F i t z s i m m o n s R. // Bioelectromagnetics. 1999. Vol. 20, N 7. P. 423–430.
59. Ш и п о в Г. И. Теория физического вакуума. Москва, 1993.
60. У л а щ и к В. С. Введение в теоретические основы физиотерапии. Минск, 1986.
61. У л а щ и к В. С. Гемофизиотерапия: обоснование, перспективы использования и исследования // Вопр. курорт. 1999. № 3. С. 3–7.

62. L e d n e v V. V. // Bioelectromagnetics. Vol. 12, N 2 . P. 71–72.
63. П л е х а н о в Г. Ф. Живые системы в электромагнитных полях. Томск, 1978.
64. У х т о м с к и й А. А. Собр. соч. Москва, 1954, Т. 5.
65. Г у л я е в П. П., З а б о т и н В. И., Ш л и п п е н б а х Н. Я. и др. / Механизмы нервной деятельности (Мат. Всесоюз. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. акад. А. А. Ухтомского, декабрь 1975). Москва, 1977. С. 127.
66. В и н е р Н. Кибернетика. Москва, 1968.
67. В е р н а д с к и й В. И. Живое вещество. Москва, 1978.
68. Вернадский В. И. Избран. соч. Москва, 1970. Т. 5.
69. W e i s b e r g S. // Scien. New. 1984. Vol. 125, N 16. P. 248–252.
70. Г а р я е в П. П. Волновой геном. Энциклопедия русской мысли. Москва, 1994. Т. 5.
71. Б е р е з и н А. А., Г а р я е в П. П. // Механизмы действия сверхмалых доз (Тез. докл. II-го междунар. симп, 23–25 мая 1995). Москва, 1995. С. 122.
72. Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях / Под ред. Ю. Н. Молина. Новосибирск, 1978.
73. А у р о п е т я н S. N., G r i g o r i a n K. V., A v a n e s i a n A. S., S t a m b o l s i a n K. V. // Bioelectromagnetics. 1994. Vol. 15, N 2. P. 133–142.
74. D a n i e l y a n A. A., А у р о п е т я н S. N. // Bioelectromagnetics. 1999. Vol. 20, N 2. P. 123–128.
75. L o s c h i n g e r M., T h u m m S., H a m m e r l e H., R o t e r m a n n H. P. // Radiat. Res. 1999. Vol. 151, N 2. P. 195–200.
76. В л а с к м а н С. Ф., В е н а н е С. Г., H o u s e D. E. // Bioelectromagnetics. 1991. Vol. 12, N 3. P. 173–182.
77. G u n t e r R. G. J., B a m b e r g e r S., V a l e t G. et al. // Diophys. Struct. Mech. 1977. Vol. 27, N 4. P. 87–95.
78. А н т о н е н к о В. Я., Д а в ы д о в А. С., И л ь и н В. П. Основы физики воды. Киев, 1991.
79. Солитоны в действии / Под ред. К. Лангрэн, Э. Скотт. Москва, 1981.
80. Д а в ы д о в А. С. Солитоны в молекулярных системах. Москва, 1988.
81. С е м е н е н я И. П. Феномен жизни в аспекте полевой организации природы. Гродно, 1997.

УДК 615.849.11+615.847.8 К. Я. Б У Л А Н О В А, Н. Г. С О Л О В Ё В А,
Л. М. Л О Б А Н О К. **Биологические и медицинские аспекты действия
электромагнитных полей.** Весці НАН Беларусі. Сер. біял. навук.

Электромагнитные излучения являются одним из факторов эволюционно-го и онтогенетического развития, оказывающих как позитивные, так и негативные влияния на биосистемы. Первые составляют основу медицинского использования электромагнитных полей при лечении различных заболеваний нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, дыхательной и других систем организма. В последнее время сфера использования электромагнитных полей в промышленности и быту расширяется, увеличивается не всегда благоприятное их влияние на человека. В связи с этим актуальность приобретают исследования механизмов и последствий действия электромагнитных полей на биосистемы, разработка критериев оценки их биологических эффектов. Существует ряд представлений о механизмах действия электромагнитных полей на живой организм. Наибольшее внимание уделено резонансно-полевой гипотезе взаимодействия магнитных полей с организмом, в основу которой положен принцип действия “поле на поле”, а также развитию представлений о сигнально-информационном восприятии внешних и внутренних электромагнитных полей живым организмом.

Табл. 1. Библ. – 81 назв.

РЕПОЗИТОРИЙ

К. Я. БУЛАНОВА, Н. Г. СОЛОВЬЁВА, Л. М. ЛОБАНОК

БИОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

ГНУ “Институт радиобиологии НАН Беларуси”, Минск

Резюме

Рассмотрены многочисленные эффекты электромагнитных полей на биосистемы, как на уровне целостного организма, так и его отдельных структур, включая молекулярный и квантово-механический уровни. Обсуждены как положительные, так и отрицательные медико-биологические эффекты электромагнитных излучений. Проведен критический анализ существующих концепций и гипотез механизмов действия электромагнитных полей на живой организм.

K. YA. BULANOVA, N. G. SOLOVYEVA, L. M. LOBANOK

BIOLOGICAL AND MEDICAL ASPECTS OF ACTION OF ELECTROMAGNETIC FIELDS

Institute of Radiobiology, National Academy of Sciences, Minsk, Belarus

Summary

The numerous effects of electromagnetic fields on biosystems at the level of both organism and its separate structures including molecular and quantum-mechanical levels are considered. Are discussed both positive and negative biomedical effects of electromagnetic radiations. The critical analysis of existing concepts and hypotheses of mechanisms of action of electromagnetic fields on alive organism is carried out.

Классификация диапазонов частот электромагнитных волн

Диапазон частот (исключая нижний, включая верхний предел)	Диапазон волн (исключая верхний, включая нижний предел)	Соответствующее метрическое подразделение
от 30 до 300 кГц	от 10^4 м до 10^3 м	километровые волны, низкие частоты (НЧ)
от 300 до 3000 кГц	от 10^3 м до 10^2 м	гектометровые волны, средние частоты (СЧ)
от 3 до 30 МГц	от 10^2 м до 10 м	декаметровые волны, высокие частоты (ВЧ)
от 30 до 300 МГц	от 10 м до 1 м	метровые волны, очень высокие частоты (ОВЧ)
от 300 до 3000 МГц	от 1 м до 0,1 м	дециметровые волны, ультравысокие частоты (УВЧ)
от 3 до 30 ГГц	от 0,1 м до 1 см	сантиметровые волны, сверхвысокие частоты (СВЧ)
от 30 до 300 ГГц	от 1 см до 0,1 см	миллиметровые волны, крайне высокие частоты (КВЧ)